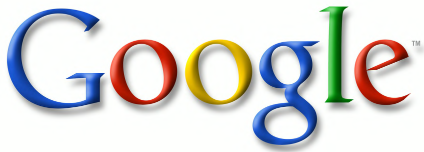

Google





PRINCIPIOS GENERALES

DE

METALURGIA.

IMPRENTA DE E. POCHARD,
Calle del Pot-de-Fer, nº 14, en Paris.

PRINCIPIOS GENERALES

DE

METALURGIA,

POR A. GUENYVEAU,

Ingeniero de primera clase y profesor en la escuela real de minas de Francia.

TRADUCIDOS AL CASTELLANO

Y AUMENTADOS CONSIDERABLEMENTE

POR D. ANGEL VALLEJO.



PARIS,

EN LA LIBRERIA DE PARMANTIER,

CALLE DAUPHINE, Nº 14.

1825.



PRÓLOGO

DEL TRADUCTOR.

Quidquid præcipies, esto brevis.
HORAT.

HABIENDO el autor compuesto esta obra para un diccionario de ciencias naturales, habia de ser breve en coordinar los principios mas generales de Metalurgia, que ha reunido en ella; pero la pericia con que lo ha hecho y la falta de obras de esta clase, debió dar á conocer pronto su importancia y utilidad como obra elemental. A este fin, convenia sin duda reunir brevemente, y presentar con

claridad, los principios mas conformes á las teorías admitidas en las ciencias físicas, que como se modifican y perfeccionan diariamente, se mejoran y aumentan tambien sus aplicaciones, variando asi el modo de observar los fenómenos y efectos de las combinaciones y descomposiciones de la materia ó el de producirlos. El autor presenta las aplicaciones mas constantes que pueden hacerse de estos principios en Metalurgia, y como las bases en que estriban las teorías de donde proceden los mas de ellos, es cierto ó probable que no varien, esta obra es un excelente resúmen que guiará á los maestros para trazar con acierto el cuadro de sus lecciones, y á los discípulos para sacar fruto de lo que se les enseñe. Aprenderán estos á observar, y sus

observaciones no serán ya un conjunto de hechos aislados que solo puedan referirse á los fenómenos naturales en cuanto se asemejen á la manera con que los obreros empíricos ó el vulgo los vé y compara. La gota de agua rodará por la paleta alvando, *como si fuera un sólido* impenetrable al calórico, y sus ojos no verán en vano lo que la práctica sin ciencia desprecia tan á menudo, en perjuicio de las artes y de los intereses particulares. Observaciones bien hechas y arregladas á los hechos mas generales y ciertos, van asentando los principios en que se han de fundar los adelantamientos que puedan tener las ciencias de aplicacion, sin lo cual, la Metalurgia como todas las demas de esta clase no se aprenderán bien ni harán progresos,

lo que podrá ser perjudicial cuando su cultivo y enseñanza sean necesarios para la prosperidad de un pais.

La atmosfera es limitada, los cuerpos que se reproducen ó viven en ella no son divisibles al infinito, y sus átomos se consideran dotados de una fuerza especial inherente á la materia, que ejerciendo su accion á distancias infinitamente pequeñas, parece que obra como si criara y conservase la tierra en que vivimos. Esto es lo mas conforme á los hechos que á cada paso se renuevan á nuestra vista, y á lo menos este es el modo mejor de distinguir los fenómenos con que se nos dan á conocer las afinidades químicas, el movimiento y reaccion de la electricidad, los efectos y resultados de la accion del calórico, las combinaciones y descom-

posiciones que son el objeto de los trabajos metalúrgicos.

Podrá creerse que el autor no se extiende lo necesario para evitar dudas en las aplicaciones que se han de hacer de sus principios á cuantos casos ocurran; pero en muchos no es dado *aun* á las ciencias el remediarlo, y en otros, los profesores y la aplicacion lo deben alcanzar. Será esto sin embargo algo mas difícil, en donde no se hayan cultivado las ciencias físicas y no estén generalizadas sus aplicaciones, tanto como conviene para la prosperidad de los estados, y esta consideracion nos ha empeñado en *aclarar algunos* pasages de esta obra y aumentarla con lo que hemos creido mas necesario. Con este objeto hemos añadido varias notas, tales como las que dan á conocer el modo

de preparar los crisoles encarbonados, los fundentes negro y blanco, las varias clases de escorias que resultan de las fundiciones, la del ensayo de las venas de antimonio, de la descripcion y láminas de los hornos altos y de reverbero, el proceder detallado de los ensayos de la copelacion con otros varios pormenores relativos á ensayos de que trata el autor, aumentando las aplicaciones que hace de los procederes fundados en la accion del oxígeno. Para esto nos han servido los autores mas clásicos y experimentados en estas materias; pero en todos los que hemos tenido á la vista, hemos hallado un vacio que parecia muy importante llenar, y era el de dar reglas seguras y fáciles para la construccion de las partes mas principales de los hornos. Depende en

gran manera de esto el buen éxito de las fundiciones, y por eso no hemos titubeado en trabajar para hallar estas reglas por el cálculo, fundado en las experiencias mas conocidas y en las propiedades de los agentes y productos necesarios de la combustion; de *donde ha* resultado demostrar tambien el mínimo de calor perdido en ella por las chimenéas, en un tiempo dado. De la fórmula pues, desenvuelta por el cálculo, que asentamos para determinar la cantidad de aire que ha de salir por una chimenéa dada, se podrán deducir las dimensiones que deban tener las chimenéas de los hornos de fundicion. Karsten que es uno de los autores modernos mas clásicos, en su Manual de la Metalurgia del hierro, asienta y desenvuelve la fórmula ge-

neral de la cantidad de aire dada por un fuelle; pero el cálculo de sus aplicaciones no es tan sencillo como necesita el uso comun, y ademas es inexacto en algunas de sus partes. Por lo que, se ha establecido la fórmula general y se ha simplificado en sus aplicaciones, despues de examinada la influencia de las variaciones accidentales indicadas por el termómetro y el barómetro, y del mismo modo se ha añadido el cálculo del aire impelido por los fuelles de émbolo. No será ya pues incierta la construccion de las chimenéas y de los fuelles de los hornos de fundicion, de donde se podrá deducir la de estos, consiguiente á la clase de fundiciones que se quieran hacer y combustibles que se hayan de emplear.

En cuanto á las voces técnicas se

ha procurado usar las mas propias, consultando para ello los autores españoles que se han podido tener, y se ha hecho con la claridad necesaria para que no puedan perjudicar, aun cuando no fuesen las usadas en las fundiciones.

Hemos *reducido los pesos y medidas de la obra* á las unidades españolas, excepto en dos casos que se indican.

PRINCIPIOS
GENERALES
DE METALURGIA.

INTRODUCCION.

Diversos son los procederes que se siguen en el arte de preparar los minerales para apropiarlos á las varias necesidades de los hombres; unos son mecánicos, otros químicos, y muchos resultados solo se logran por unos y otros juntamente. Algunos constituyen artes distintas y profesiones diferentes, y los hay que sirven para disgregar y separar las sustancias mezcladas ó combinadas en la naturaleza, y en cuyo caso se extraen las útiles y que tienen valor en el comercio, ó se purifican de tal modo que

poséan las calidades que las hacen apreciar, asi como se desechan otras materias combinadas ó aisladas que no tienen valor ni utilidad: tal es el objeto de la *Metalurgia.* Este arte proporciona á la industria las primeras materias y los instrumentos mas necesarios en sus trabajos, y si es cierto que sus reglas se ciñen principalmente á la preparacion de los metales y sales, alcanzan tambien á la de los combustibles, al modo de hacer los ladrillos, y todas las vasijas de barro, y al de fabricar la cal, el yeso y los colores metálicos, aunque entonces toma con mas propiedad el nombre de *Mineralurgia.* Asi es que la metalurgia propiamente tal debe entenderse por el arte de sacar los metales de sus venas, cuando, por medio de operaciones mecánicas, se consigue que aquellas tengan cierto grado de riqueza; sin embargo que aun se extiende tambien á la preparacion de las aleaciones metálicas, como las del laton y el bronce, y al modo de hacer las planchas de hierro, acero, hoja de lata y la moneda.

Asi como la química práctica tiene por objeto el variar la composicion ó esencia de los cuerpos, asi tambien la metalurgia comprende

todas las variaciones esenciales y en grande que se hacen en los minerales, y las considera respecto á los medios que las producen ó las estorban, y principalmente por su utilidad en las artes. Hemos dicho que los procederes empleados en metalurgia son mecánicos y químicos, ó lo que es lo mismo, que consisten en el uso de las fuerzas mecánicas ó de los agentes químicos. La *metalurgia pues, considerada* como *ciencia*, tiene conexion con la mineralogía, porque supone el conocimiento de los minerales que se han de trabajar; con la química por ciertos efectos ó resultados que muchas veces conviene obtener, y en fin con la mecánica, por las máquinas necesarias en los trabajos metalúrgicos. En este arte como en todos los industriales, se necesitan caudales suficientes, gastos bien ordenados y buena direccion para aumentar el valor de los materiales en que se emplean.

La metalurgia es sin duda una de las aplicaciones mas importantes y acaso la mas directa de la química mineral; es la docimasia en grande aunque no debe confundirse con esta, porque hay entre ellas diferencias muy notables que de-

ben tenerse presentes. Por de pronto la cantidad mayor de materias en que se trabaja á un tiempo, la especie de aparatos, instrumentos y aun la clase de agentes necesarios para ello la distinguen mucho de la docimasia; pero la mayor diferencia consiste en la especie de agentes químicos que se pueden usar en las fábricas por tener que limitar todos sus trabajos al menor costo posible. Estos en la química nada importan porque suben á poco, y haciéndose los gastos en pequeño se aspira principalmente á la exactitud de los resultados y á la pureza de los productos; pero en la metalurgia es todo lo contrario, teniendo que atender á la economía de los procederes.

Los pesos sirven en química, y sobre todo en la química mineral, para comprobar las analísis, porque manifiestan siempre la suma de los elementos próximamente igual al peso del cuerpo en que se trabaja, y seria de desear que se pudiese hacer otro tanto en metalurgia, á lo menos respecto á las materias no volátiles: pero en este arte las analísis son casi siempre incompletas, porque solo se van á obtener aislados ciertos compuestos, despreciando

otros. Por otra parte, no pueden valuarse con precision los gases y vapores producidos en las operaciones, ni el aire atmosférico que entra ó sale de los aparatos; aunque no es por eso menos útil y necesario el pesar con exactitud todos los cuerpos sólidos que se meten y sacan de un horno, y para esto no deben ahorrarse gastos, porque con ellos se lograrán mayores ventajas. *Porlo demas se ha de tener presente* que se juzga del éxito de las operaciones hechas en grande, por la comparacion que se hace del último resultado, con lo que indicaron los ensayos, los que se verifican por analísis exactas y hechas en pequeño para graduar las sustancias útiles que se podrán obtener del beneficio de un mineral.

En los ramos industriales se ha de contar siempre con que en cada operacion, y aun en el conjunto de todos los trabajos, su resultado aumente siempre el valor de las materias en que se hacen; pero para conseguirlo, se han de escoger tales agentes y medios que los gastos que causen sean siempre menores que los precios que han de tener las obras. Por esto se deben buscar las materias primeras que

menos cuesten, se han de disminuir los gastos del trabajo reduciéndolos á los mas indispensables, y sustituyendo, siempre que se pueda, la accion de las máquinas al trabajo de los hombres. Así pues, cada operacion se someterá á un cálculo económico que demuestre las ventajas ó inconvenientes de sus gastos; porque sin utilidad no se puede trabajar, ni haber fábricas, ni empresa alguna industrial, sobre todo en la metalurgia en que las sustancias de que abastece al comercio son objetos de gran concurrencia, y por eso sus precios se establecen á tasas que no está en mano de uno subir cuando quiere.

Si se ha de considerar la metalurgia como ciencia, deberá presentar la descripcion razonada de todos los preceptos útiles, comparados entre sí y con las indicaciones químicas, dar medios para escoger los mejores y menos costosos respecto á las circunstancias particulares en que cada uno se halle; deberá dar á conocer convenientemente los reactivos químicos, las máquinas que se han de emplear y todos los aparatos á hornos útiles, y que son diferentes en varias de las operaciones que

se han de ejecutar. Se llaman en general *fundiciones*, los establecimientos que reunen todos los medios de trabajo necesarios en una gran fábrica de productos metalúrgicos, y se llaman *funderías* las fábricas en que solo se funden las venas de plata, cobre, plomo, hierro, etc. No se lograrán las alteraciones que se quieran producir en los minerales, sino en razon de sus propiedades ó de las de sus componentes, y empleando convenientemente para ello las fuerzas mecánicas ó químicas; y como las mas útiles de las disgregaciones que conviene realizar se fundan en esto, se ha de dar gran atencion á las propiedades físicas y principalmente á las siguientes :

A : La gravedad específica, propiedad característica de los metales útiles, y á menudo muy marcada en sus compuestos.

B : La coherencia ó cohesion, que es siempre un obstáculo mayor ó menor á las acciones químicas, y á la disgregacion que efectuándose ya mecanicamente ó por medio del calor y licuando las materias, es á menudo indispensable para lograr ciertos resultados.

C : Se han de considerar tambien el estado

sólido, líquido ó aeriforme que tienen los cuerpos ó con que deberán obrar unos en otros, cuando se someten á las operaciones metalúrgicas. La facilidad con que diversos componentes ó compuestos pierden ó adquieren estos diferentes estados fundiéndose ó evaporizándose, es importante para la eleccion de los medios que han de causar ciertas alteraciones químicas é influir en sus efectos. Uno de los procederes mas convenientes en metalurgia es el servirse de la diferente temperatura que para licuarse ó volatilizarse necesitan varios cuerpos que estan mezclados ó combinados entre sí.

D: Por último, para alterar ó cambiar la esencia de los cuerpos, se han de conocer las afinidades de sus componentes é indagar los agentes que se emplearán para conseguirlo: hablaremos de los químicos que convienen en metalurgia, modos de escogerlos y de hacerlos obrar. Expondremos pues los principios metalúrgicos mas generales, dividiéndolos en cuatro capítulos: el primero será relativo á las preparaciones de los minerales y ensayos que se han de hacer con ellos para conocer su ri-

queza; el segundo contendrá pormenores acerca de los agentes químicos que se usan mas comunmente en metalurgia; el tercero una descripcion de los hornos, y el cuarto dará á conocer algunas operaciones metalúrgicas comunes al mayor número de minerales.

CAPITULO I.

DE LAS VENAS, DE SU PREPARACION Y ENSAYO.

Se llama generalmente *vena*, toda sustancia mineral que contiene alguno ó varios metales que puedan separarse por operaciones ejecutadas en grande, con medios económicos, por lo cual en este sentido no basta que un compuesto contenga metales para constituir una vena; es preciso que la cantidad de los que se puedan extraer sea tal, que su minerage pueda ser objeto de un trabajo de fábrica, y ademas, que se hallen en un estado de combinacion que ofrezca una preparacion ventajosa; por esta razon los compuestos ferruginosos que contienen menos de 12, 15, ó 18 por ciento de hierro, no pueden considerarse como venas, ni tampoco las masas de hierro arsenical y de piritas, que aunque mas ricas

en metal, no producirian por una fabricacion económica, el hierro propio para los usos ordinarios.

Toda sustancia que contenga varios metales que se separen y extraygan por el laboréo de las fundiciones ó funderías puede considerarse como vena de uno ú otro, y ordinariamente se designa por el nombre del mas abundante ó del que tenga *mas valor : por ejemplo, el cobre ceniciento* laboreado para ser fundido y amalgamado, se mira segun su riqueza en plata, ya como una vena de cobre que tiene plata, ó como una de plata; pero no reciben esta denominacion ciertos productos de los hornos que contienen mucho metal que se extrae con utilidad, y que muchas veces se laborean del mismo modo que las venas.

Las materias metalíferas sacadas de las minas, y despues de la primera limpia, son las venas, que se laborean de varios modos antes de almacenarlas y sobre todo antes de fundirlas; llamanse estos laboréos preparatorios, porque disponen las venas para las operaciones metalúrgicas facilitando estas, es decir haciéndolas menos largas y costosas.

Dos son las especies de laboréos preparatorios: una mecánica, llamada asi por los medios que se emplean y resultados que da, consistiendo en quebrantar, pulverizar y lavar las venas, para separar las gangas ó mezclas de materias terréas y dejar mas aisladas las metálicas.

Otra especie de laboréo es el llamado químico, que sirve para depurar por el fuego las venas de las materias volátiles combinadas en ellas, y que conviene desprender antes de extraer el metal que se quiere obtener. Hablaremos de esta, despues de haber dado á conocer la clase y uso de los combustibles y de los hornos.

En fin es un trabajo indispensable en muchos casos, el reconocer por ensayos sencillos y poco costosos la cantitad de metal que contienen las diferentes venas que se quieran beneficiar.

Dividiremos pues en dos secciones lo que se ha de exponer acerca de estas dos especies de laboréos, tratando en la primera lo que tenga relacion con la preparacion mecánica de las venas que será acerca del modo de quebrantarlas, machacar las, y de las diferentes maneras

de lavarlas. En la segunda se tratará del ensayo de los minerales, que suponiendo siempre los trabajos *mecánicos* anteriores, comprenderá los ensayos por la via seca y húmeda.

PRIMERA SECCION.

De la preparacion mecánica de las venas. (1)

El primer minerage *ó limpia de los minerales, se hace* en los subterráneos, separando los pedazos de rocas que se cree que no contienen partes metálicas, de los que las contienen, y para esto se atiende al aspecto exterior, cuando no están cubiertos de barro ó polvo, y tambien se atiende al peso de los trozos.

Sacados estos fuera de la mina, se les separa de nuevo con mas ó menos cuidado segun el valor del metal que se beneficia, y esto se hace quebrantando á mano la vena en trozos mas ó menos gruesos que comunmente *son del de*

(1) Conviene advertir, dice el autor, que hablando de las fundiciones de minerales, se usa á veces de la voz *mina* en lugar de la de *vena*, y esta locucion es ticiosa.

un puño, para desechar de este modo todos los que no contengan metal ó tan poca cantidad de él, que no haya ventaja en extraerla. A este fin hay comunmente á las bocas de las minas, un taller que consiste en un cobertizo donde se hacen unas gradas levantadas y divididas por cajones de fondo cubierto con una plancha gruesa de hierro colado, sobre la cual los obreros viejos, las mugeres y los muchachos quebrantan con martillos los trozos de vena, separándolos uno á uno. Comunmente se apartan tres partes distintas : primera, la de la roca ó ganga pobre que se desecha; segunda, la que presenta una mezcla tan íntima de roca y materias metálicas, que no pueden separarse quebrantándolas; la tercera en fin, que es la de la vena pura, ó á lo menos muy rica, que se llama vena de apartado ó vena gruesa. Quedan en el sitio del apartado muchos trozitos que hacen una cuarta especie de vena, y se han de laborear de un modo distinto, que es acribándolos como diremos despues. Los diferentes apartados de trozos se hacen en razon de lo que ha de costar el extraer de ellos el metal que contienen; así es, que en los la-

boréos de plomo, se desechan los pedazos de ganga que á ojo contienen hasta 3 por 100 de galena, y es porque se sabe que la mayor parte de ellos se perderia en las lavas, y que lo que quedase no cubriria los gastos. Estos trabajos sencillos del apartado son comunes en casi todas las venas; pero se hacen otros que piden mas arte, mas cuidados y mas gastos, por lo que *no se ejecutan con toda su perfeccion sino* en los de los metales de cierto valor, como el plomo, la plata, etc., en los que las lavas de las venas se han de hacer con gran cuidado. Las lavas mas sencillas y menos costosas, son las de la vena de hierro, principalmente del de terrenos de aluvion, que está depositado en la superficie de la tierra en grandes y pequeñas masas aglutinadas, las que deben limpiarse, para hacer en seguida al apartado de las materias terreas que perjudicarian *en los hornos*.

Estas lavas groseras se hacen á menudo por hombres, que, en medio de una corriente de agua, con paletas de hierro mueven la vena puesta en cajones y pilas de madera, ó d piedra.

Hay parages en que se hacen estas lavas de un modo mas económico, poniendo la vena en un lavadero, que es una tina grande de madera ó de hierro colado de fondo cóncavo, en la que hay un batidor de paletas ó asas de hierro, fijas en el árbol de una rueda hidráulica; y como la tina está siempre llena de agua, se renueva esta arrastrando las tierras que el movimiento y roce del batidor separa y arranca de la vena. Concluida la lava, se abre uno de los lados de la tina, y la corriente lleva la vena á un estanque mas ancho en que se hace una especie de apartado, y muchas veces se le acriba en seguida de diferentes modos. El batidor de que acabamos de hablar no se usa con todo sino para los minerales pobres de hierro, en que no se temen perder las partes mas ligeras.

Antes que se hable de las lavas de las venas de plomo, plata, cobre, etc., importa indicar los modos de machacarlas y pulverizarlas mas ó menos, por medio de unos mazos destinados á este fin. Se usan en todas las funderías, y no se limita su utilidad á preparar las venas, sino que tambien sirven para moler las arcillas ó

gredas, el carbon y las escorias, etc. Una máquina de machacar como representa la fig. 2, lám. 1, se compone de varios mazos de madera movibles (A), colocados verticalmente y mantenidos de este modo entre las correderas del armazon (a, a): se arman estos mazos á su extremo inferior con un trozo de hierro (m), y un árbol ó eje (B) movido por el agua *girando* horizontalmente, sube y baja alternativamente el mazo (A) por medio de unos espigones ó gorrones (c) que se apoyan en un muñon (o, o) que tiene el mazo, y este sube y baja sucesivamente dentro de un mortero longitudinal, abierto en el suelo y cubierto en el hondo con planchas de hierro colado ó de piedras duras, donde cae la vena que se ha de moler, desde una tolva que se tiene siempre llena.

Cada mortero, cerrado á los lados con dos compuertas, tiene tres ó cuatro mazos, dispuestos de modo que suban y bajen á intervalos de tiempos iguales.

Comunmente una máquina de moler se compone de dos, tres, cuatro ó mas juegos de mazos, y los gorrones del árbol ó eje de la rueda

hidráulica, se disponen de tal modo que haya constantemente un número igual de mazos subiendo á la vez, lo que es necesario respecto al movimiento uniforme que conviene dar á la máquina.

Las venas ricas, y en que importa no perder los trozos mas ligeros, se quebrantarán en seco, y sin que haya agua en el mortero. Sin embargo, generalmente con las venas de plomo, plata, etc., se hace correr por el mortero una corriente de agua mas ó menos rápida, que arrastrando las materias molidas, las va depositando á diferentes distancias, segun el grueso de sus trozos y su riqueza, y esta es la primera lavadura que se hace al salir de debajo de los mazos. En este trabajo, hecho en seco, la finura del polvo depende del peso de los mazos, de la altura de su caida, y del tiempo que está la vena en los morteros; pero cuando pasan por ellos corrientes de agua, segun que á estas se les da salida mas ó menos fácil, está allí la vena mas ó menos tiempo; pues ó esta sale por los lados de los morteros, en cuyo caso la elevacion á que tiene que subir varia el grueso de los trozos, ó se hace correr

el agua y las materias molidas que lleva consigo, por entre los agujeros de una reja, como para acribarlas. Por los demas, hay algunas diferencias en los resultados de estos dos métodos, y la rapidez ó cantidad de agua que pasa por los morteros influye en la salida mas ó menos pronta de las materias molidas, y en los productos de esta operacion.

Como los pedazos de vena machacada son de diferentes gruesos á causa de lo que varian las materias que los componen, se clasifican y distribuyen segun su tamaño y peso específico, haciendo pasar el agua de los morteros por unas cenalejas cruzadas como en laberinto, donde se van depositando sucesivamente á proporcion que el agua pierde su velocidad, las materias terreas y metálicas que arrastra, y que estan suspendidas en ella por adherencia. Las partes metalíferas, cuando tienen gran peso *específico, como las de galena ó* plomo, se depositarán en las primeras canales, si por su dureza, ordinariamente mucho menor que la de la ganga, no se reducen á polvo mas fino que esta, ó á hojuelas que adhieran al líquido y se peguen á las materias terreas que hay en él;

en cuyo caso, se buscan hasta en las partes mas pequeñas de la ganga pulverizada, ó en la lama que se forma con ella.

De dos modos se machacan las venas, consiguientes al grueso de los pedazos que se quieren tener, lo que se determina de antemano segun la calidad de la vena, de su ganga, su riqueza, etc. Se han indicado ya los medios de variar el resultado de las moleduras, por el peso de los mazos, por su elevacion y la velocidad de su movimiento, asi como tambien por la elevacion de las compuertas ó desagüaderos por donde salen las materias molidas, ó por el diametro de los agujeros de las rejas, su distancia, la cantidad del agua corriente, su velocidad, etc. Puede machacarse de manera que se tengan granos gruesos de vena, los que se llaman arenas ó sablones; ó bien reduciéndolo á polvo, y en uno y otro caso se hacen con ellos las lavas de que vamos á hablar.

Y para concluir lo relativo á la pulverizacion de las venas, añadiremos que cuando se necesite reducirlas á polvo muy fino, como sucede con las que se han de amalgamar, se han de moler en molinos como los del trigo,

con lo que se aglutinan y forman como una especie de harina.

De las lavas de vena.

Con las venas machacadas ó molidas en la máquina que ya hemos descripto, se hacen trabajos muy delicados, largos y costosos que se llaman lavas, cuyo objeto es apartar mecánicamente las *materias terreas de la parte metálica*, la que para esto debe tener un peso específico mucho mayor, pues de otro modo la lava no seria practicable. Se sirve para esto del agua, que corriendo con mas ó menos rapidez y abundancia por entre las arenas ó pedazos de vena extendidos sobre un tablero mas ó menos inclinado, y haciendo mas sensible la diferencia de pesos específicos, arrastra las materias mas ligeras. Pero siendo este trabajo costoso, y causando pérdidas mas ó menos grandes de metal, se ha de calcular la cantidad de este fuera de la cual no habria provecho en hacer las lavas, y se ha de conocer tambien el punto de purificacion de la vena en que será preciso detenerse, porque de otro modo se podria perder mucho metal, compara-

tivamente á lo que costaria el fundir una pequeña porcion mas de ganga. No puede claramente señalarse regla en este punto, porque los elementos de los cálculos varian para cada fundicion.

Antes de describir los diversos métodos de lavar, conviene hablar del acribado, cuyo objeto asi como el de las canales de laberinto que sirven despues del molido, es el de distribuir y separar, segun el tamaño de los pedazos, las venas que no se han machacado al agua. Se ejecuta esta operacion principalmente con los restos de minas, y con los que proceden del quebrantamiento de las venas. A este fin se meten las materias en cribos redondos ó cuadrados, en cuyo fondo hay una reja en lugar de una plancha de metal agujereada; se sumerge este cribo rápidamente y muchas veces dentro de una cuba ó pilon lleno de agua, y esta entrando por el fundo, levanta las partículas minerales, las aparta, y teniéndolas suspendidas algunos instantes las deja caer en seguida en un orden casi conforme á sus pesos específicos por lo cual se posan con cierta regularidad. El cribo es sumergido á veces por operarios y otras está

suspendido á un zigüeñal que estos bajan y suben alternativamente, y para que el acribado se haga bien, es preciso que el cribo reciba solo el movimiento de abajo á arriba, porque asi es como la vena separándose de su ganga, si tiene diversos pesos específicos se deposita en otras tantas capas en el cribo, y el obrero las recoge fácilmente con una paleta, tirando la primera si es tan *pobre* que no merezca volverse á lavar. Es de notar que las partículas que mientras la acribadura pasan por los agujeros del fundo, caen en la cuba de donde se sacan para volverlas á lavar si es conveniente. En algunas partes los cribos son cónicos y con dos asas para que un obrero pueda manejarlos, en cuyo caso, este en lugar de darles un solo movimiento de abajo á arriba, como en la labor anterior, los menea de diferentes modos como se hace con los cribos ordinarios ó segun enseña la práctica; teniendo siempre presente que el fin es separar las partes pobres de la vena de las mas ricas, para volver á machacar las primeras.

Entre los acribados y lavas que se hacen con las venas, se han de distinguir como útiles é ingeniosos los de las rejas de hierro, llamadas

inglesas y los de gradas que se usan en Hungria.

Consisten estos modos de separar las venas de las materias terreas pulverulentas, en colocarlas al salir de las minas sobre rejillas, pasando por ellas una corriente de agua que haga atravesar por entre los alambres los trozos mas pequeños, y arrastre las materias terreas á las pozas donde se han de dejar posar. La lava por gradas es mas extensa, y consiste en una continuacion de rejillas colocadas á diferentes alturas, de modo que el agua pasando por la mas alta donde está la vena, arrastra una parte de ella por entre los agujeros de la primera rejilla á la segunda, que es mas cerrada, de esta á la tercera, y en fin pasa á las pozas de las canales donde se van depositando las partículas mas finas.

No obstante, todos estos medios no separan completamente las gangas, ni sirven para las venas muy pulverizadas, ni para las lamas de las canales de las máquinas de moler, porque estas materias á proporcion que son mas finas, adhieren mas entre sí y con el agua, lo que hace su purificacion mas dificil; asi es que en

este caso se ha de hacer la lava en tableros ó cajones. Los de mas fácil manejo son los llamados alemanes, Lám. 1. fig. 3, que se usan para lavar las arenas que salen de las máquinas de moler. Estos son rectangulares de cerca de 10 1/2 pies á 11 de largo, sobre 21 pulgadas de ancho, y los bordes tienen una elevacion de 21 pulgadas y una inclinacion de 17: á su extremo superior está colocada una especie de artesa ó cajon (B) sin borde del lado del tablero, y es en el que se pone la vena; por debajo de este cajon hay un conducto que vacia por el reborde (b) de la cabecera del tablero un caño de agua que puede salir por el agujero ó enrejado del reborde (C) que está al pie del mismo tablero: el operario ó lavador echa á este una parte de la vena que está en el cajon, y con un rastro la trae y lleva continuamente, lo que suspende el agua, de modo que solo la parte terrea y la vena muy pulverizada pueden irse con ella para depositarse segun el órden de sus pesos específicos en las canalejas (c) que estan despues del tablero.

Para separar mas completamente las materias terreas de las venas finas, se han de lavar estas

en tableros menos inclinados, donde las corrientes de agua menos rápidas y mas extendidas permiten separar las gangas mas completamente y con la menos pérdida posible. Se usan varias especies de tableros para lavar una misma vena, pasándola sucesivamente de unas á otras, y aun para los diversos resultados de las machacaduras, de los cuales describiremos dos clases, siendo la primera la de los tableros durmientes ó fijos, y la segunda la de los de golpe ó percusion. Los durmientes (Lám. 1, fig. 4. II.) tienen unos bordes de 14 á 16 pies de largo y de 5 pies 4 pulgadas á 6 pies de ancho con 5 á 6 pulgadas de inclinacion. A su cabecera hay una tabla triangular (A) con reborde, y en frente del vértice ó extremo mas angosto de ella se fija una tablilla (a) que no cierre enteramente: en cada lado hay una fila de pequeños prismas triangulares (b b) de madera, y encima del vértice de la tabla triangular se coloca con alguna inclinacion el cajon que contiene la vena, sobre el cual esta la canal (D) por donde cae el agua sobre ella, desleyéndola, arrastrándola y esparciéndola por el hueco que hay en la tabla triangular, donde los prismas mencionados di-

viden el agua en dos ramales que se extienden por todo el tablero de la caja, llevando consigo las materias mas ligeras. Para que el lavador haga esta separacion del modo mejor, irá llevando la vena con un rastro hácia la testera del tablero y el agua llena de materias terreas irá á parar á los cajones (G) y las canalejas (H), que estan al pie del tablero. Se vuelve á tomar la lama de las *primeras canalejas* para purgarla por una última lava de las partículas metálicas que pueda contener. Al polvo mineral lavado de este modo se le dan nombres particulares que varian segun los paises.

Algunas veces se cubren los tableros de las cajas con lienzo ó paño, y esto se hace principalmente con las venas que tienen oro; porque se ha creido que los hilos del paño ó del lienzo detendrian las partículas mas finas del metal; pero esto no es muy seguro y antes bien, produce algunas veces una arena impura.

En algunas minas como, en las de Hartz en Alemania, se usan los tableros que representa la lám. 1. fig. 4, (II) : hácia la parte superior hay una canal (D) que conduce la vena arrastrada por el agua, y para que no se de-

tenga ó pose, se agita aquella continuamente con un batidor (M), y pasando al espacio triangular (A), se esparce sobre el tablero (B), mientras que por otra canal (c) llega agua limpia que pasa por debajo de (d) para desleir y lavar la vena. Al pie de este tablero hay una abertura (e) que se cierra á voluntad, debajo de la cual hay un primer receptáculo (F), y á la extremidad hay otro segundo (G) y la canal (H) de los desperdicios. Cuando el agua ha arrastrado á esta canal las materias mezcladas con la vena, las arenas de esta lavadas y bastante puras permanecen extendidas sobre el tablero desde la cabecera hasta los pies, y entonces barriendo las que estan en la parte inferior (E) del tablero, se las hace caer en el segundo receptáculo (G), y las que estan en la parte superior (B) se echan por la abertura (e) que se abre á este fin, y caen en el primer receptáculo (F). Las lamas del receptáculo (G), y los desperdicios de la canal (H) se lavan de nuevo.

La segunda clase comprende los tableros movibles ó de percusion (fig. 5) que se construyen al poco mas ó menos como los fijos: tienen 14 pies de largo y cerca de 4 1/2 de

ancho, y sus bordes 8 1/2 pulgadas en la parte alta, que como se ve en la fig. 5, está suspendida á sus cuatro ángulos por medio de cadenas (d, d). Estas en el momento de descanso, es decir, cuando la cabecera del tablero está apoyada contra el maderage que está detrás de ella, tienen una inclinacion que tiende á arrimar uno contra otro. Encima, y detrás de la cabecera *del tablero, hay una plataforma estable* (B), que sostiene un plano triangular inclinado con rebordes (c), sobre el cual hay unos pequeños prismas de madera salientes (*b*, *b*) como los descriptos en las cajas fijas. Encima de este plano se coloca el cajon (D) de fundo oblicuo, que contiene la vena, y el cual está dividido en dos partes por medio de una puerta movible (b) con un agujero en su extremo inferior (t), y en la division superior (1) se pone la vena que se ha de lavar, y la inferior (2) *queda vacía. Una canal* (E), que pasa por encima de este cajon, conduce á él el agua por medio de dos conductos (r, r [1]), vertiéndola el uno (r) en el apartado en que está la vena y el otro (r [1]) en el que está vacío; de este modo se arrastra la vena al tablero, extendiéndola

en una capa delgada y uniforme como lo hemos dicho para los tableros fijos, y mientras que va bajando, una máquina (M) que hay en la cabecera de la caja con un impulso bastante suave la impele hácia adelante, y cuando cesa este movimiento, vuelve á su primer lugar, chocando con fuerza contra la pieza (z). El objeto de estos movimientos contrarios, que se repiten alternativamente, es separar las materias terreas que estan apegadas á las metálicas, comunicándolas una velocidad distinta en razon de su diferente gravedad, y el reunir hácia la cabecera del tablero las partes metálicas mas pesadas. Aunque no hemos descripto el mecanismo que comunica al tablero las sacudidas de que acabamos de hablar, la fig. 5 (I, III) lo hará comprender fácilmente.

Las diferentes circunstancias que influyen en las lavas se modifican en razon de la especie de vena con que se hacen, y por esto la inclinacion de ltablero varia de 10 líneas á 6/4 pulgadas, corriendo el agua por él, unas veces en hilos del gados, y otras en un grueso caño que da hasta 2 pies cúbicos de agua por minuto. El número de golpes que recibe el ta-

blero varia tambien de 15 á 36 por minuto, separándose de su lugar primitivo de 10 líneas á 8 1/2 pulgadas. La arena gruesa ó sablon necesita en general menos agua y menos inclinacion del tablero que la fina y viscosa. Cuando ya no hay duda en que la vena está bien lavada, y que se ha posado toda la que habia en el agua, se la deja salir por el extremo inferior del tablero, y si se cree que puede tener aun algunas arenas metálicas, se cubre la canal, y el agua va al cajon (H) donde se asienta lo que tenia en suspension que se lava de nuevo. Generalmente todos los trabajos mecánicos que se hacen con las venas es al sacarlas de las minas, y sin operacion alguna intermedia, aunque á veces se las calcina para quebrantarlas y machacarlas como se hace con algunas de hierro.

Como la operacion de las lavas se funda en la diferencia de pesos específicos de las diversas materias que hay en las venas, se facilita cambiando un poco el estado químico de las sustancias que las componen, porque asi se separan mas fácilmente las partes terreas y otras extrañas. A este fin se tuestan las venas de estaño,

porque separándolas del arsénico, y oxigenando el cobre que tienen, se consigue por las lavas un oxido de estaño mas puro que el que habria podido lograrse sin ellas.

Concluiremos lo que teniamos que decir acerca de las diversas preparaciones mecánicas de las venas, con algunas consideraciones sobre el modo de entregarlas á las fundiciones. Las diferentes preparaciones mecánicas de las venas se hacen al pie de las minas, y al cargo de quien dirige su beneficio, y así limpiadas y apartadas las arenas ó sablones se funden allí, ó se llevan para venderse en las fundiciones.

En Alemania hay muchas fundiciones centrales establecidas por cuenta del gobierno que es dueño de casi todos los bosques, y por consiguiente de los combustibles, quien recibe á precios establecidos por una tarifa invariable venas de todas especies, excepto las ferruginosas que se benefician por cuenta de diferentes compañías. Es evidente y muy grande la utilidad de esta especie de fundiciones, porque favorecen mucho el beneficio de las minas pobres y en las que los particulares no podrian soportar el gasto que necesitasen. El precio

de las venas, ó sus arenas bien ó mal lavadas, está en razon de lo que dan los ensayos de que hablaremos despues; pero se puede preveer que las mezclas de diversas venas entre sí, su riqueza mayor ó menor en plomo, cobre, plata, etc., originan operaciones mas ó menos complicadas, que importa conocer bien antes de comprarlas; y asi es que en Alemania se examinan mucho las *entregas de vena*. No nos detendremos mas tiempo en esto, y solo indicaremos que se ha de valuar con cuidado la humedad de las venas, porque si no se deduce del peso total, habrá en ellas una pérdida real cuando esten secas y para fundirse. En otro tiempo, en las fundiciones de Hartz en Alemania, se tenia la regla de que 33 quintales de vena húmedos daban 30 secos, lo que era un modo bien arbitrario de graduar la humedad. Esta se determina hoy de modo muy distinto, y por una experiencia directa, que da la diferencia que hay de una vena húmeda á la seca, para lo cual de cada quintal que se pesa antes de almacenarle y de ponerle en su lugar, el ensayador coge algunos pedazos ó puñados para ensayarlos, y graduar la humedad como

la cantidad de metal. Mezclados despues todos los puñados de cada clase de vena, se regula la humedad que la corresponde, tomando 1/4 de onza (peso de Colonia) por tantas veces el quintal figurado de vena húmeda, como hay de quintales reales en la cantidad total de cada una; para ello la cantidad pequeña de arena que lo representa se hace secar á fuego lento en una plancha de hierro, despues se pesa, y anotando su diminucion de peso, se tiene la cantidad de humedad que hay que deducir. En este género de ensayos el quintal figurado se divide en 16 partes, y desde 1/16 hasta 7/16, no se deduce nada de la cantidad entregada, pero desde 8/16 hasta 16/16 se deduce un quintal entero de la vena entregada; asi es que en 39 quintales que tengan 6 1/16 de humedad reconocida por el ensayo, no se deducen sino 6 quintales; pero si tuviesen 6 9/16 de humedad, se deducen 7 quintales, y la cantidad entregada solo se cuenta por 32 quintales. De los mismos puñados de vena guardados para regular la humedad, se toma lo necesario para hacer los ensayos docimásticos que determinan la calidad de la vena.

SEGUNDA SECCION.

Del ensayo de las venas.

Los ensayos son muy importantes en metalurgia, lo que no se conoce bien en las funderías atendido lo poco que se practican en ellas; pero no solo se deben ensayar á menudo las venas porque su naturaleza varía, sino que los diversos productos de los hornos se deberán ensayar en los diferentes periodos de la fundicion. Por medio de los ensayos docimásticos que son indispensables en las venas de plata y oro, se comprueban las operaciones metalúrgicas, y las cantidades de metal que deben producir.

Por ensayos, en metalurgia, se entienden los medios de reconocer en una sustancia cualquiera, no solo la presencia y calidad de un metal, *sino su cantidad valuada al peso*: asi es que no ponemos entre los ensayos tales como los consideramos, las operaciones que no sirven para determinar de un modo preciso el metal que se ha de obtener por el beneficio de sus venas. Por cuya razon no hablamos ni

del uso de la piedra de toque en el oro, ni del de las pruebas del soplete que pueden dar indicaciones útiles.

Los ensayos que pueden practicarse en diversas circunstancias y mas ó menos ventajosamente con diferentes minerales, son de tres especies, mecánicos, hechos en seco ó por la via húmeda.

De los ensayos mecánicos.

Estos sirven para separar las diferentes materias mezcladas en las venas, por medio de lavas á mano hechas en unas artesas ó tinas largas, para lo cual se pesa cierta cantidad de vena pulverizada con mas ó menos cuidado y se hecha en ellas con un poco de agua, y con ciertos meneos y precauciones que indica la práctica, se separan bastante exactamente las materias mas ligeras y las gangas terreas, de las partes metálicas sin que estas se desperdicien sensiblemente. De este modo se logra una vena mas ó menos pura, y se juzga de la calidad y riqueza de la que se ha ensayado, que despues se ensayará de nuevo por otros medios que aislen enteramente el metal. Estas la-

vas se usan como ensayo con las arenas auríferas, y con todas las venas machacadas y lavadas, para apreciar su grado de pureza; y se usan tambien ventajosamente con las venas de estaño, porque estando allí el óxido diseminado comunmente entre una ganga terrea, y siendo muy pesado, se separa fácilmente de ella. Puede servir el mismo ensayo mecánico en los minerales de una composicion metálica constante, cuando por otra parte tienen un peso específico algo considerable; asi es que las venas de plomo sulfurado, llamadas en unas partes *galenas* y en otras *alcohol*, pueden purificarse con una ó dos centimas de diferencia por medio de una sola lava hecha con destreza, y deducir inmediatamente por el resultado la riqueza del mineral, porque la galena ó alcohol puro, ó lo que es lo mismo el sulfuro natural, se compone siempre de 86,55 de metal y de 13,45 de azufre. El sulfuro de antimonio mezclado con su ganga puede ensayarse del mismo modo, y su resultado será aun mas inmediato porque no hay mas que fundirle para separarle de la ganga y despacharle en el comercio. Tambien se usan estos ensayos

para reconocer si las escorias ó los productos de los hornos contienen granos metálicos que se podrian extraer por las machacaduras y lavas hechas en grande, lo que se hace muy á menudo con las escorias de hierro, de estaño ó de cobre.

De los ensayos por la via seca.

Tienen estos por objeto el dar á conocer la naturaleza y proporcion de los metales contenidos en una vena. Para hacer buenos ensayos se ha de saber qué metal se quiere extraer de la vena, y aun hasta cierto punto en qué proporcion está con las materias extrañas que hay en ella; por lo comun, como no sea en algunas venas de plata, se aspira á obtener un solo metal, y para tener estos datos generalmente basta el examen mineralógico; pero se pueden variar los ensayos sin atenerse á resultado alguno, y teniendo presente que solo se podrá contar con los que se hayan verificado por una doble operacion. Esta clase de ensayos necesitando solo práctica y aparatos muy sencillos, pueden hacerse fácilmente en las fun-

derías (1) y no describiremos los hornos y utensilios necesarios para ello, porque son conocidos de todos los prácticos.

Estos ensayos hechos en crisoles y al fuego añadiendo un fundente, ú otro agente cualquiera de descomposicion, son de gran útilidad en las fundiciones, porque habiendo mucha analogía entre lo que se hace en pequeño y lo que resulta en grande, al modo que ha probado el ensayo con tal ó tal fundente y á tal ó cual grado de calor, se pueden deducir indicaciones preciosas para dirigir el laboréo de la vena en grande, lo que se manifestará particularmente cuando se trate del ensayo de las de hierro. Al tiempo de exponer los medios mejores y mas sencillos de ensayar cada vena, añadiremos lo que seria mas fácil de hacer por la via húmeda.

En las funderías de Hartz que hemos citado ya, asi como en las de *Sajonia*, los ensayos docimásticos se hacen contradictoriamente tres veces y por tres personas distintas; una inte-

(1) Los procederes que se indican son, en general, los que se siguen en Alemania.

resada por los accionistas de las minas, otra por la fábrica y la tercera, como tercero en caso de discordia. Si los dos primeros resultados difieren entre sí de 1/4 de onza de plata por quintal de vena, la operacion vuelve á empezarse, aunque esto sucede pocas veces: cuando uno de los ensayos difiere de los otros de solo en 1/4 de onza de plata por quintal, y que la diferencia es mayor respecto de uno de ellos que del otro, se adopta el término medio. Los ensayos contradictorios pueden dar algunas diferencias en la calidad de las venas de plomo, y entonces se toma el término medio, siendo las diferencias que se toleran: de 3 libras en la vena que contiene de 12 á 30 por 100 de plomo, y esto aumenta á 6 libras en las que contienen 55 por 100.

En estas grandes funderías se da mucha atencion al tiempo que exigen y gastos que ocasionan los ensayos; así es que en la de Franckenscharn en Hartz todos los lunes se hacen 300 ensayos triples, y en los jueves se hacen los de productos de fundiciones. En otro tiempo se usaban para esto fundentes mas ó menos costosos, de modo que cada ensayo

costaba cerca de 6 reales; pero hoy se hacen segun indicaremos, y sus gastos solo montan por término medio á 16 maravedis.

De los ensayos por la via húmeda.

Consisten estos en procederes muy sencillos que son verdaderas analísis químicas aplicables útilmente á las venas ó á productos de los hornos, pero que no pueden practicarse en las fundiciones por los aparatos y reactivos que son necesarios. Aunque es cierto que solo un químico ejercitado puede lograr resultados sobre que se pueda contar, sin embargo, los directores de fundiciones nunca deben despreciar ocasion de examinar químicamente las materias minerales y sus productos; pues una entre otras de las ventajas que resultan de tales investigaciones, es conocer y valuar las pequeñas cantidades de las sustancias que alteran la maleabilidad de los metales, y les dan malas calidades, siendo erradas ó dudosas frecuentemente las causas que lo producen. Es ademas cierto que la analísis química, bien aplicada en metalurgia, perfecciona los procederes; pero debe tenerse pre-

sente que los ensayos químicos de que hablamos son solo los que se pueden practicar fácilmente.

Ensayos de hierro.

Hay venas de hierro que contienen agua y ácido carbónico que se desprenden por la calcinacion, ó tostándolas, y en seguida se comprueba la pérdida que tienen en esta operacion.

Las venas ferruginosas ricas y sin matriz ó ganga terrea, que son como óxidos puros, se pueden reducir inmediatamente por cimentacion, y aunque sea en pedazos gruesos, metiéndolos en un crisol encarbonado (1), ó entre carbon mezclado y amasado con arcilla ó greda

(1) Todos saben que crisol es una vasija de forma riangular ó prismática, en la que se ponen al fuego muchas sustancias: pero, para conseguir en esto el fin de algunas operaciones, se llenan ó revisten por dentro los crisoles con una mezcla de carbon algo batido en polvo y arcilla lavada y húmeda, y entre ella se pone la sustancia objeto de la operacion. Muchos químicos preparan á los mismos fines los crisoles con carbon de leña húmedo que meten en ellos machacándolo mucho; pero como la arcilla que se usa comun-

y dentro de la mufla de un horno de ensayos dándole el fuego conveniente. De este modo se logra un hierro algo maleable y casi puro, pero para esto se han de escoger trozos de hierro espático. En general siendo las venas de hierro compuestas de óxido de este metal, con gran cantidad de materias terreas, el proceder de ensayo que se ha de seguir será el que, al mismo *tiempo que funda completamente las materias* extrañas, reduzca el hierro á metal. El borax es un fundente muy enérgico y bueno para los ensayos de hierro, usándole en proporciones diferentes, segun la cantidad de materias terreas que se presume hay en la vena, y estando calcinado ó vitrificado para evitar el inconveniente de las ampollas

mente en las fundiciones es la greda que se halla mas á mano, se ha de tener cuidado en que sea blanca, que esté bien lavada, y separada de sales ó sustancias que puedan *perjudicar en algunas operaciones*. A los crisoles preparados de uno ú otro modo llamamos *encarbonados*, y no sabemos si en ello habremos acertado, pues lo hemos hecho porque en los autores españoles que hemos podido consultar, no hemos hallado voz que corresponda á la francesa *brasqué*.

que en otro caso levanta el calor. Se emplea desde 1/4 hasta peso igual, mezclándole algunas veces con piedra calcarea, espato fluor ó vidrio comun.

Se hace un ensayo de hierro, tostando primeramente la vena de la especie de que vamos hablando, despues se muele y pulveriza con cuidado, y mezclándola perfectamente con el fundente que se elija, se amasa todo junto con aceite comun para hacer una pasta, y llenando un crisol con carbon molido, se mete en medio de él, haciendo un hueco para ello, y se cubre todo esto con polvo de carbon. Pónese en seguida este crisol en una fragua ó en un horno de buena corriente de aire, y se da un fuego graduado de 3/4 de hora ó una hora, con lo cual se logra un trozo fundido bien homogéneo, lo que indica un buen ensayo. Comunmente estos se hacen con 2 1/2 á 3 dracmas de vena; y cuando se quiere tener un resultado muy exacto, se procura por varios ensayos ir disminuyendo en cada uno la cantidad de fundente, para que la del óxido de hierro, que él disuelve y retiene siempre, sea la menor posible.

En las venas gredosas se emplea como fundente la piedra de cal pura ó el mármol blanco pulverizados, y con las que tienen matriz calcarea, se usa la greda en pequeña cantidad. Esta especie de ensayos, hechos con solo fundentes terreos, tienen la ventaja de indicar de antemano la clase de los que se han de emplear en grande para la fundicion de estos minerales en *los hornos altos*. *Mézclase tambien muchas veces* con los fundentes terreos un poco de borax ó vidrio comun, para lograr una fundicion mas completa de toda la ganga; y las proporciones mas útiles son 1/4 de espato fluor y otro tanto de cal, y en los ensayos de venas muy pobres se añadirán 20 por 100 de vidrio comun y 10 de vidrio de borax.

El resultado de estos ensayos, á lo menos de aquellos en que se han fundido completamente todas las materias, da siempre hierro colado que contiene ademas de carbon algunas de las sustancias que habia en la vena, como azufre, fósforo, cobre, etc.; y aunque se hagan con ella algunas pruebas para conocer su calidad, queda siempre duda respecto á la que darán los trabajos en grande. En cuanto á la

proporcion ó cantidad de hierro que dará la fundicion en los hornos altos, si está bien dirigida, no será inferior á la que indiquen los ensayos bien hechos en pequeño.

Los ensayos por la via húmeda sirven particularmente para reconocer y apreciar el fosfato de hierro que suelen tener estas venas, lo que no puede conseguirse por los ensayos en seco, porque solo anuncian esta sustancia cuando su cantidad es tal, que hace quebradizos los trozos fundidos, siendo por esta razon tan importante en muchos casos el reconocer los fosfatos de las venas de hierro, que es preciso recurrir para ello á analísis exactas.

Éstas investigaciones químicas tienen ademas la útilidad de poder graduar las mejores mezclas de venas, los mejores fundentes, y los que pueden ser perjudiciales; y en fin, el analîsis de las escórias proporcionará datos útiles en el modo de trabajar con los hornos y en la comdosicion de sus cargas.

Ensayos de cobre.

No son dificiles estos ensayos cuando las venas estan separadas de su matriz, teniendo

alguna práctica, y haciéndose con ciudado. Si las venas cobrizas son azufrosas se han de tostar con cuidado en una cazuela de barro, puesta dentro de la mufla de un horno de copela, dejando entrar el aire, y graduando bien el fuego para que la vena no se aglutine empezando á fundirse; pues acabada de tostar debe estar en polvo como antes, por lo cual se la revuelve y menea á menudo para renovar su contacto con el aire y quemar completamente el azufre, porque de otro modo formando burujos se detiene la operacion, y es preciso volverla á empezar con nuevos gastos.

Cuando ya no hay vapores ni olor de azufre, es prueba de que la vena está tostada, y al llegar á este punto que es cuando aquellos se disminuyen, se añade 1/4 por 100 de polvo de carbon para acabar de desprender el azufre, pero se han de quemar con mucho cuidado hasta los últimos restos del carbon que se pone. Las venas de cobre oxidado ó carbonado no se ensayan de este modo.

Despues de tostada la vena se funde en un crisol con un fundente capaz de reducir el óxido á metal, vitrificando las sustancias extrañas.

Con este fin se ha empleado por mucho tiempo un fundente llamado *fundente negro* (1) compuesto de 1 parte de tártaro y 2 de nitro á lo que se pega fuego para quemar parte de su carbon; pero este fundente tiene el inconveniente de disolver gran cantidad de óxido de cobre, por lo que, la dada por el ensayo es mucho menor que la que contiene la vena, y asi es mejor emplear el borax ó el vidrio comun blanco. Con la vena tostada y bien pulverizada se mezcla una de estas sustancias vidriosas, la colofana y polvo de carbon: en las venas muy pobres conviene añadir aun 20 ó 35 por 100 de espato fluor. Por lo demas, las proporciones

(1) En esta obra se menciona algunas veces *fundente negro* y en las fundiciones se conoce ademas de este el *fundente blanco*. Este se hace echando, en un crisol ó cazuela de barro muy caliente y casi encendida, 2 partes de nitro y 1 de tártaro que quemándose forman el fundente blanco, y no es otra cosa que un subcarbonato de potasa con algunas otras materias que puede tener el tártaro en pequeña cantidad. El fundente negro se hace del mismo modo, con 2 partes de tártaro y 1 de nitro, resultando una mezcla negruzca, de subcarbonato de potasa con carbon.

de fundente varian segun la cantidad de ganga que se gradue en la vena, y se hacen algunas tentativas preliminares para reconocer el mínimo de lo que se puede poner, porque se pierde tanto mas cobre cuanto es mayor la cantidad de fundente; y asi este unas veces se emplea en parte igual á la de vena tostada, otras la mitad y hasta el doble. Hay casos en que se hace con *aceite comun* y vena una pasta, y en un crisol encarbonado ó sin encarbonar se pone al fuego en un horno de viento. El trozo de cobre formado al cabo de una hora ó media, que se saca quebrantando el crisol, debe ser muy puro y separado de toda escoria, porque si tuviese impurezas ó fajas quebradizas es prueba de que la tostadura de la vena ha sido incompleta, y el ensayo debe volverse á empezar.

En el primer ensayo solo se logra metal puro cuando la vena contiene muy poco hierro, y apenas otros metales; pero si este abunda, reduciéndose su óxido á metal durante la operacion, se junta con el cobre, y aumentando el peso del trozo fundido hace muy incierto el resultado. Se ha de observar que esta aleacion

del hierro se conoce al color que tiene por dentro el trozo ensayado, y por su falta de maleabilidad. Dos especies de combinaciones pueden obtenerse en un ensayo, ó mucho hierro y poco cobre, ó mucho cobre y poco hierro, y en este último caso el producto es de un cobre negro como son los mas comunes de las venas de este metal; por cuyas razones no puede calcularse inmediatamente el resultado de un ensayo, pues hay que repetirle para separar otros metales extraños como el arsénico, el antimonio, el zinc, etc. Para esto se mete en una copela el trozo de cobre impuro, poniéndola en la mufla de un horno de ensayos á un fuego muy fuerte que será el albado. Se dejará abierta la puerta de la mufla, para que entre el aire y dé á la superficie del metal fundido un poco de movimiento; é inclinando al mismo fin á menudo la copela para adelante, y para atrás se continuará la operacion de este modo, hasta que la masa fundida no presente cambios de color. Entonces, y solo por algunos instantes, se aumenta mucho mas el calor, tapando la boca de la mufla con carbones ardiendo y en seguida se saca con rapidéz la copela, para

meterla dentro del agua. Si se ve que habiendo estado el trozo de cobre por algun tiempo en la mufla y al fuego blanco no se funde, ó que si se funde no se ha afinado, se añadirá para esto el décuplo del peso total 1, 2, ó 3 veces, de plomo no argentífero y empezará la afinacion inmediatamente. En vista de lo cual para calcular el cobre resultante del ensayo, si no se le ha añadido plomo, se contará en el peso del boton afinado un décimo por la pérdida que ha habido en la operacion, y si se ha añadido plomo se graduará la pérdida del cobre en 1 libra por cada décuplo de plomo añadido. Supongamos pues una pella de 48 libras purificadas y que proviene de 68 de cobre bruto; habiendo una pérdida de 20 libras se añadirá el décimo de esta pérdida que es dos libras, es decir que el peso del resultado del ensayo se contará por 50 libras; pero si se hubieren empleado 1, 2 ó 3 décuplos de plomo se contarán 1, 2 ó 3 libras mas, como si hubiese en el cobre del ensayo 51, 52, ó 55 libras de cobre puro.

Sin embargo son siempre inciertos los ensayos de venas de cobre y la purificacion de sus productos por la via seca, y los ensaya-

dores mas prácticos, en diferentes ensayos, con dificultad logran resultados acordes entre sí.

El ensayo de estas mismas venas por la via húmeda está fundado en que el óxido de cobre se disuelve con facilidad en el amoniaco, por lo cual si las venas son azufrosas se han de tostar completamente, y de este modo se tratarán despues por el ácido nitrico. Hecho esto con todas, se echará en las disoluciones amoniaco en exceso, y este álcali disolverá el óxido de cobre y no el de hierro. Filtrando en seguida la disolucion alcálina, se saturará por un ácido y se podrá precipitar su cobre al estado metálico con una hoja de hierro muy limpia. Esto mismo se podrá hacer de un modo mas sencillo si la vena no contuviese otro metal precipitable por el hierro, en cuyo caso no será necesario disolver el óxido de cobre en el amoniaco, y se podrá precipitar inmediatamente este metal de su disolucion en el ácido.

Ensayos de plomo.

clan con polvo de carbon y colofana añadiendo vidrio borax y espato fluor, segun tengan mas ó menos ganga, y fundiendo la mezcla en un crisol comun al fuego regular de un horno de mufla ó de viento: á poco tiempo se reduce la parte plomosa y se logra el metal.

Los modos de ensayar las venas azufrosas son muchos y diferentes; pero el mejor proceder y el mas fácil para las puras, es decir sin matriz, es el de fundirlas con limaduras de hierro. Para esto se meten con 20 á 25 por 100 de esta limadura muy limpia y un poco de borax calcinado en un crisol encarbonado y al fuego fuerte de una mufla se logra una pella de plomo, separada de toda escoria. Este ensayo da en 100 de galena 82 de plomo.

En las galenas bien purificadas por las lavas y libres de *blendas y piritas de hierro*, no son necesarios ensayos porque su composicion es constante y siempre dan 83 por 100 de plomo metálico, en cuyo caso bastan las lavas de que hemos hablado. En muchas funderías se ensayan las venas de plomo azufroso, tostándolas en cazuelas para volatilizar completamente el azufre, y añadiendo de cuando en cuando polvo

de carbon para descomponer el sulfato de plomo; de este modo se logra un óxido de este metal mezclado con la matriz, el que se funde como las venas oxidadas, segun hemos dicho. Este proceder siempre da menos plomo que el anterior, y en razon de que haya mas ó menos ganga, en cuyo caso el resultado de las galenas mas puras no sube de 70 á 72 por 100 de plomo. En las funderías de Alemania se han tentado diferentes medios prontos y económicos para hacer estos ensayos, y por el proceder mas usado aunque no es mas exacto que el anterior, se pueden hacer varios á un tiempo; pero es cierto que allí se trata menos de tener resultados exactos que de lograrlos uniformes y comparables entre sí. Para esto, despues de bien pulverizada la vena que se ha de ensayar, se la mezcla con 4 partes de potasa blanca, calcinada y molida, y esto se mete en un crisol de barro cubierto por arriba con sal comun, y se pone en la mufla de un horno de copela que se enciende una hora antes. En un mismo horno se pueden hacer á un tiempo 35 ensayos, y al cabo de hora y media ó 7/4 de hora se van sacando los crisoles por turno se-

gun se han ido metiendo, y cuando estan frios se rompen con cuidado y limpiando la pella de plomo, se pesa para conocer de este modo la clase de cada vena de plomo argentífero. Entonces solo hay que determinar la cantidad de plata que tenga la pella de plomo, lo que se hace en copelas de tierra de huesos calcinados, conforme al proceder usado para la copelacion en pequeño, de que se hablará mas adelante. Los varios productos de las fundiciones se ensayan de la misma manera, con la diferencia de que como allí se trata de desoxigenar el plomo, á las 4 partes de potasa se añade 1/4 parte de polvo de carbon.

Tanto las venas de plomo como los productos de funderías pueden ensayarse por la via húmeda de un modo sencillo y muy exacto, y asi esta práctica es muy recomendable. Para esto los óxidos de plomo se disuelven en ácido nítrico flojo, y aguando la disolucion se echa en ella sulfato de sosa, con lo que se forma sulfato de plomo que se precipita; el cual, recojido en un filtro y secándole, contiene siempre 78,29 de plomo por 100.

La misma disolucion puede tambien dar á co-

nocer la cantidad de plata que puede haber, pero no se usa este medio para cantidades pequeñas de este metal. Este proceder ademas no sirve para las venas tostadas de plomo, ó productos de hornos que tengan sulfato de este metal, porque no disolviéndose este en el ácido nítrico flojo, habria que emplear el ácido muriático concentrado.

Ensayos de venas de plata.

Los de este mineral hechos por la via seca se fundan en la mucha afinidad que tiene el plomo con la plata; por lo cual se funde la vena de esta con litargirio, que vitrificando las tierras y reduciéndose en parte á metal, arrastra consigo la plata. Se hace esta operacion dentro de la mufla de un horno de ensayo, en una cazuela de tierra algo honda llamada *escorificatoria*, y realizada la fusion se extrae despues la plata por la copelacion. Asi pues en el ensayo de una vena terrea ó azufrosa, despues de tostada se añaden 8 partes de perdigones de plomo que tenga lo menos de plata posible; se funden completamente todas las materias, y para asegurarse de ello se revuelven con un

alambre retorcido de *hierro*, y hecho esto, se vierte todo en un molde de hierro, donde enfriándose se quebranta con cuidado y recoge todo el plomo argentífero.

Cuando para extraer la plata se ensayan venas plomosas, se hacen con estas los ensayos como lo hemos dicho ya, y en seguida se copelan las pellas de metal que resultan, y si el ensayo se hace en *galena pura, se copela esta directamente* con el plomo. El ensayo de las venas de plata por la via húmeda es muy sencillo; pero solo se puede usar con las ricas, porque por esto medio no se aprecian las cantidades pequeñas de plata con tanta exactitud como por la via seca, que por eso es preferible.

El autor á lo que va dicho de los ensayos de venas de plata añade que se hacen por la copelacion en pequeño y en grande con mucha exactitud; pero no se detiene á describir esta operacion, lo que nos ha parecido conveniente hacer por el provecho que de ello se puede seguir en los paises que abundan de minas de plata.

De la copelacion.

La copelacion se ejecuta en unas cazuelitas

achatadas como hondones de crisol, llamadas *copelas*, que se hacen con huesos calcinados molidos y lavados, comprimiéndolos en un molde; son de peso de 6 á 9 adarmes aunque generalmente en los ensayos solo se usan las primeras, pero son mucho mayores para las operaciones metalúrgicas en grande, como se dirá.

Todas las copelas han de tener la propiedad de embeber los óxidos metálicos fundidos, como si fueran unos cedazos muy tupidos, al mismo tiempo que no han de dejar pasar los metales, de modo que estos queden donde estaba la vena, y los óxidos desaparezcan por entre la tierra de la copela, fenómeno que se ha de atribuir á que estas son mojadas por los óxidos fundidos, mientras que los metales no pueden adherirse á ellas. Por esta razon sin duda los metales líquidos toman en las copelas, una forma semiesférica en globulitos, como está el azogue sobre un vidrio, y los óxidos fundidos se esparraman por ellas y las penetran como el agua.

Si se ponen pues en una copela dos metales, que el uno sea inalterable al aire y el otro

se oxigene con él, siendo el óxido que se forme muy fusible, es evidente que con un fuego cual se necesitese separarán uno de otro. Se conseguirá aun cuando el óxido que resulte sea infusible, con tal que se añada otro óxido que le funda. Se ha de tener presente no obstante que en uno y otro caso es preciso que el metal no sea volatil, que se funda y forme masa al grado de fuego que se ha de hacer; porque de otro modo se esparramaria y adhiriendo al óxido se pegaria con él á la copela. De estos principios se deduce que los ensayos hechos por copelacion, tienen por objeto el separar los metales inalterables al aire, fusibles y no volátiles á la temperatura de 35° del pirómetro de Wedgwood, de los que á la misma se convierten en óxidos fusibles por sí ó por medio de otros.

Los metales mas propios para ser ensayados por la copelacion son, la plata, el oro y acaso otros de los mas inalterables al aire, cuando se trata de separarlos de los que forman ó pueden formar óxidos fusibles, como son el plomo, cobre, etc.

La copelacion se hace en hornos de reverbero, poniendo las copelas muy secas á calentar

en la mufla, antes de cargarlas con la vena ya muy limpia, tostada y pulverizada, para lo cual la temperatura no ha de pasar de 35° del pirómetro de Wedgwood. Como esta operacion es una de las que dan resultados mas exactos y que acaso no se aplica en metalurgia tanto como pudiera y conviniera, tenemos por importante el extender su conocimiento, que facilitarán algunos ejemplos hechos con mezclas ó aleaciones de las que suelen resultar en los trabajos metalúrgicos.

Supongamos que se quiera ensayar una vena plomo-argentífera ó una aleacion de plomo y plata. Se calienta la mufla del horno, de modo que su fondo esté á 24° del pirómetro, lo que se conoce cuando blanquea; á dos tercios dentro de ella se pone la copela y al punto indicado se mete en ella el trozo de vena ó metal. A poco tiempo se cubre este de una capa de óxido de plomo, se aplasta la materia, humea y toma un movimiento considerable que renovando las superficies favorece la oxigenacion. Todo el plomo, conformese va oxidando, se va embebiendo en la copela, excepto el que se ha volatilizado en humo. A proporcion que la

masa ha disminuido de volúmen, deja al rededor del hueco de la copela una señal roja oscura, su superficie toma poco á poco una forma convexa con puntos brillantes, que se van aumentando continuamente, y esta es la prueba de que se ha embebido el plomo. Entonces se saca la copela hácia la boca de la mufla, y la materia que al pronto pierde su brillo, presenta los colores del iris, y *de repente* como *que se enciende y relampaguea* y ésta es la muestra de que se terminó la operacion. Se arrima la portezuela del horno, que estaba entre abierta para poder observar todos los fenómenos, y cuando el metal está solidado y frio, se le saca con unas tenazas, se le acepilla para quitarle la materia terrea y deducido su peso del total se tendrá el del plomo.

Es esencial que el boton de metal se enfrie poco á poco, porque sino, solidándose por la parte superior demasiado pronto y mientras hay líquido en el interior, este es comprimido y salta fuera de la copela. Se deberá tener por bien hecho el ensayo que dé un boton redondo, brillante, cristalizado por arriba, de un blanco mate, y que se despegue bien del fondo de la

copela; pero si su superficie tiene manchas y está aplastada, indica que el calor ha sido demasiado fuerte y que se ha volatilizado algo de plata. Si brilla por algunos puntos, como con cristales esparcidos de un blanco mate, habiendo huecos por la parte inferior y adhiriendo mucho á la copela, dejando en esta escamas amarillentas, se ha de concluir que el fuego no fué suficiente y que el boton tiene aun algo de plomo.

Si el trozo de vena que se ha de ensayar se compone de cobre y plata, se tendrá presente que el óxido de cobre no es muy fusible y que necesita añadírsele otro con quien lo sea, para lo cual se prefiere el plomo. Se prepara el horno y la copela como se ha advertido para el ensayo anterior, poniendo en ella á fundir una cantidad proporcionada de plomo para formar el baño, y cuando la capa de óxido formada á su superficie cambia de color y se funde, se mete con unas tenacitas el trozo de metal que se quiere ensayar envuelto en un cucurucho de papel. Los tres metales se mezclarán al instante y el baño presentará los mismos fenómenos y señales que el del ensayo anterior; y asi,

cuando la masa relampaguée, los óxidos de cobre y plomo estan ya embebidos en la copela y la operacion concluida. Dejando enfriar poco á poco el boton, se pesa despues, y la diferencia indica el pesò del cobre.

Hay casos en que estan unidos el cobre, la plata y el platino, en los que despues de hecha la copelacion se ha de hervir el boton metálico dos ó tres veces con ácido sulfúrico concentrado y puro, en un globo de cristal, y como el ácido no disuelve el platino y si la plata, se separa en polvo. Si hay oro, entonces el platino se disuelve en el ácido nítrico, y quedando el oro y la plata se separa esta con el ácido sulfúrico.

Ensayo de las venas de oro.

El ensayo del que se encuentra nativo en pajitas y entre arenas, del mismo modo que el de las venas de aluvion se hace por medio de las lavas: pero si se halla en rocas duras, es preciso machacarlas y lavarlas con precaucion, y en grande hay tambien utilidad en esto aun cuando no se obtengan sino 8 adarmes de oro por quintal de vena lavada y molida; pero á cierto punto se parará la lavadura, porque de

otro modo se perderia gran cantidad de metal. El ensayo en seco que solo se hace con venas pobres y lavadas, se funda en el mismo principio que el de los de plata, es decir en la afinidad del plomo con el oro. Por esto tomando una parte de vena, que se tuesta si tiene arsénico ó antimonio, y juntándola con 8 por 100 de plomo, se la funde dentro de la mufla de un horno de ensayo en un escorificatorio, teniendo presente que si la vena es de dificil fusion, se la añadirá un poco de vidrio de plomo, una ó media parte de vidrio de borax, y se continua la fusion hasta que toda la masa esté liquida ó á lo menos hasta que las escorias que sobrenaden sean muy trasparentes. En tal punto se cuela para tener el plomo metálico que habrá juntado todo el oro, el cual se copela para separarle con la plata que puede haber en el plomo ó en la vena. Si esta es tan pobre que sea necesario hacer el ensayo con una masa considerable como de 10 ó 13 $\frac{1}{2}$ onzas ó una libra, se hace entonces en un crisol con 4 partes de minio y 12 de fundente negro, recogiendo en seguida el plomo para copelarle. El señor Sage, dice haber ensayado estas venas y principal-

mente las piritas auríferas con 8 ó 10 partes de ácido nítrico, escorificando el residuo con plomo como se ha dicho ya, y asegura que por este medio ha obtenido una mitad mas de oro de las piritas auríferas de Hungria que por la amalgamacion. Esta es un buen medio de ensayo, principalmente cuando el oro no está combinado, y se hace en pequeño triturando en un mortero la vena tostada y muy pulverizada con azogue puro y limpio, hasta el punto que aquella se incorpore y forme con el azogue una masa batida, para lo cual se han de emplear 6 partes de este metal. El ensayo de la via húmeda con las venas pobres es operacion muy delicada y sugeta á error, por la dificultad de apreciar las cantidades muy pequeñas de oro, pues hay polvos de vena que solo contienen $\frac{1}{20000}$ ó $\frac{1}{40000}$ de oro; en tales casos vale mas la via seca con el plomo, y segun el señor Karsten se ha de preferir para esto el plomo que tenga un poco de plata, y si no la tiene añadírsela poniendo de plomo 2 á 6 veces el peso de la vena, y fundiendo á la mufla en un crisol encarbonado. Pero en todo caso se ha de tener presente que, si la vena

tiene azufre, arsénico ó antimonio, es preciso tostarla con cuidado.

Ensayo de las venas de estaño.

El gran peso específico del estaño oxigenado es condicion ventajosa que favorece para usar las lavas como medio de ensayo con las rocas y sables en que se halla el óxido de este metal, y cuando asi se llega á tenerle puro no es necesario otro ensayo, porque entonces contiene 78,67 de estaño metálico. Estas venas bien lavadas se ensayan en seco en un crisol encarbonado y sometiéndole á una temperatura tan elevada como la que se da á los ensayos de venas ferruginosas, sale siempre bien la operacion.

En esta especie de ensayos se ha usado por mucho tiempo el fundente negro; pero como su potasa disuelve gran cantidad de óxido de estaño, causa siempre gran pérdida de metal, y por eso vale mas emplear el borax con un poco de polvo de carbon pulverizándolo todo y mezclándolo con la vena.

Se ha de tener por bueno el ensayo cuando la pella de estaño bien reunida es maleable, y

que las escorias son muy trasparentes y sin mezcla de granos metálicos. Segun el señor Lampadius tambien puede ensayarse esta vena con 3/4 partes de vidrio de borax y 1/4 de cal viva.

No es conveniente el ensayo por la via húmeda para las venas de estaño; pero si es necesario para conocer lo que retienen de este metal las escorias y otros productos de la fundicion que se suelen abandonar.

Ensayo de las venas de zinc.

Se ensayan estas por la via seca destilándolas, despues de muy tostadas si son sulfurosas, con carbon en una retorta de barro que aguante un fuego muy fuerte y recogiendo el metal en un recipiente que esté siempre frio. Sin embargo este proceder no es bueno porque se pierde mucho zinc, y por la exactitud se ha de preferir el ensayo de la via húmeda.

El autor no da reglas para hacerle por la via húmeda, y siendo importantes hemos creido conveniente no omitirlas.

Las venas de zinc que se benefician mas comunmente son las de *blendas* ó azufrosas y las

de *calamina*, y las primeras despues de tostadas y bien pulverizadas se tratan con ácido nítrico flojo, que separa el azufre y la ganga silicea disolviendo la parte metálica : se filtra la disolucion, y echando en ella sosa se forma otro depósito ó precipitado, que se disuelve en ácido hidroclorico. Esta disolucion se evapora hasta secarla, y el residuo se disuelve otra vez en este mismo ácido y entonces se precipita el óxido de zinc con la sosa.

Si la vena que se ensaya es de calamina, se pone á digerir á un calor templado con ácido nítrico y la disolucion se evapora hasta secarla, y el residuo se vuelve á disolver en el mismo ácido, y secándole del mismo modo se obtendrá en uno y otro caso el óxido de zinc, en el que el metal está en la proporcion de 80, 13 por 100.

Se encuentran muchas veces en estas venas cobre ó hierro, y el primero se separa de las disoluciones nítricas ó muriáticas, por medio de una planchita de hierro que se tiene en la disolucion hasta que se ve que ya no se precipita sobre ella cobre alguno, cuidando de que haya siempre superficie de hierro descubierta

dentro del ácido, y este último metal se precipita de las mismas disoluciones echando en ellas un exceso de amoniaco ó álcali volátil.

Ensayo de las venas de azogue.

Con dos fines distintos puede hacerse este ensayo por la via seca: ó para determinar la cantidad de cinabrio que contiene la vena de este metal, *ó para obtener el azogue*. En el *primer* caso basta separar la matriz por medio de lavas bien echas, y pulverizando el resto se destila á un calor conveniente, con lo cual se sublima el cinabrio. En las venas que tienen azogue líquido, se separa este fácilmente por la destilacion, pero si hay tambien azogue azufroso, es decir cinabrio, y si se quiere descomponer, se mezcla la vena en polvo con parte igual de limadura de hierro, y aun con el doble si hay mucho cinabrio, y destilando en seguida *esta mezcla en una retorta cuyo cuello* se ha de poner casi vertical, se obtiene el azogue mas puro.

Ensayo de las venas de antimonio.

Estos ensayos por la via seca exigen muchas

precauciones y consisten en destilar la vena á un calor fuerte y en vasijas bien cerradas, pero si solo se quiere conocer la cantidad de sulfuro que contiene, vale mas limitarse á lavarla con cuidado, y esto basta para deducir la cantidad de metal, porque un sulfuro puro tiene siempre 72,77 de antimonio metálico.

Hay otra especie de ensayos que se hacen mezclando la vena azufrosa con la mitad de su peso de limaduras de hierro muy puras; se funde la mezcla en un crisol y se logra asi un antimonio sin azufre á lo que se llama *régulo*. Si la vena tiene, ademas de sulfuro, antimonio oxigenado, será preciso tostarlo todo y fundirlo con fundente negro en vasijas cerradas, aunque este medio nunca da un resultado muy exacto porque el metal y uno de sus óxidos se volatilizan fácilmente (1).

(1) Segun acaba de anunciar el señor Berthier, convendrá ensayar estas venas lavándolas, y despues de pulverizada la cantidad que se ha de ensayar, se tuesta hasta que no haya vapores sulfurosos ú otros, ni olor, y hecho esto se funde la materia con 3 partes de fundente negro, ó con 1 de tártaro colorado, 1 de barrilla,

Ensayo del arsénico.

Se hace este por la via seca, sublimando los sablones que son las arenas gruesas que resultan de la pulverizacion de las venas, en vasijas bien cerradas y embetunadas.

Ensayo del cobalto.

Las venas de este metal nunca se ensayan para apreciar su cantidad, sino solo para conocer su fuerza colorante en los vidrios terreos que se forman con él, para lo cual despues de lavadas se funden con 3 partes de cuarzo y una de potasa, formando de este modo un vidrio cuyo color se compara con otros de la misma especie, hechos con el mismo metal en distintas proporciones, y asi se juzga cuantas partes de cuarzo podrá la vena colorar con cierta intensidad.

y 0,15 de carbon, ó con 0,6 de limaduras de hierro, 1 de barrilla y 0,1 de carbon, y asi se obtendrá un régulo en grandes láminas y blanco, que dará la cantidad que podrá lograrse en grande. Este medio parece mas adecuado para graduar la utilidad que podrá haber en el beneficio de una vena de antimonio.

No se mencionan los ensayos relativos á otros metales, como los del cromo, manganeso, cobalto, nikel y urano, porque solo pueden hacerse por la via húmeda y procederes complicados que corresponden á las analisis y aplicaciones de la química al reino mineral.

CAPITULO II.

DE LOS AGENTES QUÍMICOS.

El mayor ó menor gasto que puede haber en las fábricas determina el número de agentes químicos que se pueden usar en ellas, que es muy pequeño porque solo se pueden emplear los menos costosos y los mas abundantes, teniendo siempre presentes los resultados que se quieren obtener. Asi es que estos agentes, ó son generales como el fuego que dan los combustibles, ó particulares, que son ciertas sustancias con que se funden ó separan otras en razon de las afinidades respectivas que se ponen en accion.

Teniendo presente que la mayor parte de las operaciones metalúrgicas se hacen por medio del fuego y á temperaturas muy elevadas que

duran cierto tiempo, es fácil conocer lo importante que es en este arte, el entender bien el uso de los combustibles y la buena disposicion que se ha de dar á los hornos, por lo que son diversos y muy variados los modos de servirse de los carbones y de aplicar el calor que dan; aunque en general pueden aun hacerse en esto mejoras y economias, conviniendo por tanto estudiar cuidadosamente esta parte del arte y conocer todo lo que hay de mejor en él.

Indicaremos los principales agentes químicos empleados en metalurgia y hablaremos particularmente de algunos de ellos.

El primero que es el calórico sirve para facilitar la accion química de los cuerpos, y á menudo para trasformarlos de sólidos en líquidos y gaseosos.

El segundo es el carbono y las materias combustibles, minerales, vegetales y animales que contienen principalmente carbono é hidrogeno, y sirven no solo para dar calor sino para descomponer tambien muchos óxidos metálicos, y asi es que en una alta temperatura, y con un contacto inmediato y prolongado reducen los óxidos al estado metálico.

El carbono se combina tambien con algunos metales, principalmente con el hierro y da el acero y el hierro colado.

El tercero es el aire atmosférico que no solo sirve como agente de la combustion, sino para oxidar los metales puros que no se pueden resguardar de él, por lo cual en un horno donde haya carbon y aire atmosférico, la accion de este es contraria y opuesta á la de aquel. Sin embargo esta propiedad que es á veces perjudicial, puede otras ser útil para desprender de las venas el azufre, el carbono, el fósforo, etc., y sirve tambien para separar unos metales de otros, atendiendo á los diferentes grados de oxigenacion de que son susceptibles, en lo que se funda la purificacion del plomo separándole de la plata, y la refinadura del cobre.

El cuarto es el azufre que no sirve como agente cuando está puro; pero la parte sobrante del de las piritas de hierro, que contienen mucho y no está combinada fuertemente en ellas, se emplea en algunas operaciones ventajosamente.

5° Hay metales que sirven de fundentes de otros, lo que se ve en lo que se llama vulgarmente

soldadura, y tambien se usan como disolventes; tales son el plomo al fuego, y el azogue en frio respecto de la plata y del oro. Pueden desoxigenarse ó precipitarse unos á otros segun la mayor afinidad que tienen con el oxígeno ó los ácidos en diferentes circunstancias, y asi es como el hierro descompone la potasa y la sosa y precipita el cobre al estado metálico de sus disoluciones ácidas : en fin, ejercen una accion muy poderosa en el azufre que está combinado con ellos, por lo que muchos procederes metalúrgicos se fundan en la mayor afinidad que tiene el hierro con el azufre, separándole por esta razon muy bien en grande de las galenas ó sulfuros de plomo y de los antimonios azufrados.

6° El agua sirve á veces como disolvente y pocas como medio de oxidacion de algunas sustancias metálicas.

7° Diferentes óxidos metálicos como los de manganeso, hierro, plomo, etc., son buenos para oxigenar los metales y los combustibles; pero generalmente son mejores como fundentes de las tierras.

8° Estas solas ó mezcladas á la temperatura

de los hornos tienen una accion muy enérgica unas sobre otras y en los óxidos metálicos, de lo que resultan las natas y escorias que se distinguen entre sí segun estan mejor ó peor fundidas ó vitrificadas (1).

(1) Se ha adoptado la voz *nata* en lugar de la francesa *laitier*, porque no se ha hallado equivalente en castellano, y se advierte porque se duda si en esto se ha acertado, ignorando si en la práctica hay ya admitida alguna voz distinta. El *laitier* entre los Franceses es la masa de escorias en vidrio oscuro que se compone generálmente de silice, cal, alúmina y á veces de algunos óxidos en corta cantidad segun la clase de venas metálicas que se funden, y asi en las de hierro suelen ser los óxidos de este metal y manganeso. Los autores españoles que hemos podido consultar no distinguen claramente el uso de las voces nata y escoria, y podria ser distinto en la práctica el significado que las damos, como sucede en algunas fundiciones de Francia, en que por *laitier* se entienden las escorias que solo tienen materias terreas; en cuyo caso deberá tenerse presente que aunque las diferencias de composicion pueden variar mucho en general, lo que entendémos aqui por *nata* se compone principalmente de las sustancias terreas que hemos mencionado, formando un compuesto vidrioso y homogéneo.

Se usan igualmente las tierras como fundentes unas de otras y la accion de la silice que forma con el óxido de hierro silicatos muy permanentes, es digna de atencion principalmente en los hornos en que se funden diversas venas (1).

9° Los álcalis pueden obrar como fundentes en las operaciones metalúrgicas, y principalmente la potasa que hay en las cenizas de los carbones de madera. Se ha observado que las paredes de los hornos altos resisten menos tiempo al trabajo que se hace con carbon de madera, que las de los hornos en que se funde con carbon de piedra, y esto podrá provenir de que en este último no hay potasa. En fin, una de las pruebas de la accion de los álcalis en ciertos procederes se advierte en la preparacion del antimonio puro ó régulo de antimonio, para lo cual és necesaria la potasa y su descomposicion.

Expondremos pues por menor la accion de

(1) Nos atrevemos á decir que en muchos casos no es menos notable la accion de la alúmina ó de los dos metales *silicio* y *aluminio*, si se hallan juntos.

los agentes metalúrgicos mas usados, y por consiguiente todas las generalidades de la metalurgia.

PRIMERA SECCION.

Del calor y de su uso.

En metalurgia como en las operaciones químicas el calor *facilita la accion de unas sustancias sobre otras*, separándolas entre sí segun su diferente volatilidad ó fusibilidad ó destruyendo un resultado de afinidad; aumenta la maleabilidad de los metales, los liquida, y funde muchas materias, pues se ha de tener presente que en metalurgia, las disoluciones en los líquidos á la temperatura media de la atmósfera son menos frecuentes que en química. Sin embargo las sales se purifican disolviéndolas en agua, y tambien se usa el proceder de la amalgamacion, y con el hierro se precipita y obtiene el cobre de cementacion de la disolucion de su sulfato. En la torrefaccion de las venas segun se manifestará en el cap. IV, el calor es un buen medio de separar las sustancias fijas de las volátiles y en esto se fundan las destilaciones y

evaporaciones de las materias salinas. Por medio de la diferente fundibilidad de los cuerpos y especialmente de los metales y sustancias que los acompañan, se separan fácilmente y esto se usa á menudo en grande, lo que se llama *fusion* cuando son metales que estan aleados entre sí, como se verifica principalmente con la aleacion de plomo y cobre. En el mismo principio se funda lo que se llama la *fundicion cruda* de las venas azufrosas, y por esto á un pequeño fuego se separa comunmente el antimonio sulfurado, que es muy fusible, de su ganga que no lo es, pues en las fusiones se van á obtener los metales mas fusibles haciéndolos correr, y dejando en el suelo del horno el metal ó las sustancias menos fusibles. Se puede tambien operar por un método inverso fundiendo el mineral y sus mezclas, y dejando enfriar poco á poco toda la masa; entonces las materias menos fusibles se solidarán primero, y se podrán arrancar de la superficie de las otras, y asi es como en las piletas de los hornos de manga se separan bien las escorias ó las partes de metal impuro del puro. La diferencia de pesos específicos disgrega tambien en las masas hetero-

géneas, pero bien fluidas, unas sustancias de otras si no tienen mucha afinidad entre sí.

En metalurgia y principalmente para los trabajos de metales se necesita un fuego muy fuerte y producir simultáneamente temperaturas muy elevadas, por lo que se ha de atender mucho á la economia de los combustibles, pues se consumen anualmente masas enormes, y esto se va aumentando diariamente mas y mas. Para lograr los grandes efectos del fuego se ha de desprender el calórico en aparatos que le concentren y conserven, y ademas se han de tener medios de efectuar con rapidez la combustion de grandes masas.

Tiempo ha que Bufon percibió que en un aparato de combustion no debia solo considerarse el grado de calor ó temperatura mayor ó menor que hubiese en él, sobre todo para operaciones en grande. « Creo, dice, que debe « considerarse el fuego en tres estados diferen- « tes segun su velocidad, su volúmen y su « masa. Se aumenta la velocidad del fuego sin « acrecentar su volúmen aparente, siempre « que en un espacio dado lleno de combustible « se acelera la accion y el desprendimiento del

« calórico aumentando la velocidad del aire « por medio de los fuelles y de tubos de aspi- « racion, etc. Se da mayor accion al fuego por « su volúmen, siempre que se acumula una « cantidad grande de materias combustibles y « que su calor y llamà se reunen en un horno « de reverbero. En fin, cuando con un espejo « ustorio se hacen caer mas ó menos rayos de « sol sobre un cuerpo, se aumenta su masa en « razon de lo que se disminuye la superficie del « foco. » Dando á esta indicacion mas precision y anunciándola en términos que ya todos entienden, diremos que el objeto de las artes es producir un cierto efecto calorífico, entendiendo por este la produccion de un fenómeno ó resultado que supone la absorcion ó consumo á lo menos momentáneo de cierta cantidad de calórico, y por consiguiente de una determinada de combustibles. Entre estos resultados se ha de contar con el calórico que en una temperatura dada se aplica á una masa ó volúmen de un cuerpo determinado, que podrá ser sólido, como el hierro, líquido como el agua ó el azogue, y gaseoso como el aire atmosférico; porque se sabe que son ne-

cesarias cantidades diferentes de calórico para dar la misma temperatura á materias de igual peso y volúmen pero de naturaleza distinta; y esto es lo que constituye la diferencia de los calóricos específicos ó de capacidad de calórico que hay en los cuerpos.

Es tambien un resultado de la accion del calórico el cambiar en estos su estado, fenómeno que se realiza para cada especie de ellos á temperaturas dadas en las mismas circunstancias, y asi se hace la fusion del yelo ó de un metal, como la del cobre, el estaño, el plomo, el hierro, y en fin la vaporizacion de muchas sustancias y su trasformacion en fluidos elásticos. Dos observaciones se han de tener en esto presentes, la primera es relativa al grado de calor, ó por mejor decir de la temperatura á que se producen estos fenómenos, que era lo único que se notaba en otro tiempo: la segunda es la de que para producirlos se ha de absorber ó consumir calórico; asi es que cuando se pone agua á evaporar, se absorbe cierta cantidad de calórico para formar el vapor, la cual es independiente de su temperatura; pero se ha de consumir tambien

para dar á este vapor la temperatura con que se eleva en la atmósfera : en fin, se disipa ademas y atraviesa durante la operacion las paredes de los aparatos, una cantidad de calórico considerable que es perdida para el objeto de las operaciones, y de este modo y por estas mismas causas, se consume mucho combustible en producir temperaturas elevadas, que no causan realmente absorcion proporcional de calor termométrico, ó lo que es lo mismo, de calórico graduado por este instrumento.

Examinaremos despues de esto la relacion que hay entre el calor y las cantidades de combustible que le producen. Por experiencias concluyentes y muy repetidas se ha asentado el principio de que una masa dada de combustible produce la misma cantidad de calórico de cualquiera modo que se queme, con tal que la combustion sea completa.

Asi pues cuando se hace un fuego lento ó muy vivo, lo que da una temperatura pequeña ó grande, se desprende siempre la misma cantidad de calórico, de lo que resulta que para tener un calor determinado se puede quemar mas ó menos prontamente el combus-

tible que le ha de producir; si una cantidad dada de carbon se quema en poco tiempo, se dará en el hogar de un horno una temperatura muy alta; quemándose poco á poco la misma cantidad se bajará la temperatura pero durará mas tiempo. Si á estas consideraciones se añaden las relativas al modo de conservar y aplicar el calórico se tendrán todas las que el arte puede dar sobre esto, *porque el no crea* ni destruye el *calórico*, ni su movimiento, con el que tiene tantas analogías, y no le es dado sino desprenderle con mas ó menos violencia, dirigirle, aplicarle y conservarle.

Del principio expresado se deduce otra consecuencia no menos importante, y es la de que en circunstancias semejantes, las cantidades de carbon que se consumen son proporcionales á las del calórico que se desprende y pueden servirle de medida, de modo que dando las condiciones mas favorables al fuego de los hornos para que la combustion sea completa, y disminuyendo en lo posible la pérdida de calórico, aprovechándose de toda su expansion y aplicándola á producir los efectos deseados, se conseguirá la mayor perfeccion en el modo

de emplear los combustibles. Debiendo pues exponer las calidades mas generales de los hornos, manifestaremos los principios en que se funda su mejor disposicion y construccion.

Para elevar la temperatura de un hogar, aumentando en él la rapidez de la combustion, se ha de acrecentar la velocidad de la corriente de aire y su condensacion, porque de esto resultará evidentemente un fuego mucho mayor en un mismo tiempo dado y una combustion mas viva, lo que en la práctica es condicion esencial para lograr una alta temperatura. La combustion y por consiguiente el calórico adquiere intension reconcentrándola en un pequeño espacio, lo que quiere decir que allí se aumenta la temperatura respecto á la que el mismo fuego daria en un espacio mayor, estrechando en lo posible el hogar en que se ha de poner la cantidad suficiente de carbon para producir el efecto deseado. Esto se manifiesta claramente con el soplete en los efectos que por su medio producen los mineralogistas, ensayando los minerales al calor intenso que proporciona este instrumento en el pequeño hueco de un carbon. Hay otro medio muy efi-

caz á este fin que consiste en que el combustible sea el mas compacto, es decir que tenga mas materia combustible en el mismo volúmen, colocándole en el hogar de modo que circulen libremente entre él y teniendo el mayor contacto con sus superficies, las moléculas del oxígeno atmosférico. Por último, cerrando con cuidado las aberturas inútiles de los hornos, formando sus paredes con materiales poco conductores *del calórico*, y *dándolas* un grueso considerable para que este no las penetre fácilmente, se disminuirá su expansion y no se disipará.

Cuando se quiera tener una alta temperatura en cierto paraje del hogar, se le arrimará carbon muy caldeado que no le resfrie sensiblemente, aunque es cierto que no se podrá impedir que el aire que circule por allí no arrebate consigo mucho calórico; pero á lo menos se conseguirá no perderle enteramente levantando la chimenéa ó la parte superior de los hornos altos de hierro. Se atenuará tambien algo esta causa de enfriamiento en los hornos, disminuyendo en lo posible la cantidad de fluidos elásticos que pueden circular por su

interior, y principalmente la de las sustancias que se puedan evaporar, por lo cual en algunos hogares solo se emplean carbones.

En las artes metalúrgicas como en las fábricas, es á menudo ventajoso el lograr ciertos efectos de un modo uniforme en un tiempo determinado, tales como el de calentar algunas habitaciones, un líquido ó una estufa, manteniéndolos á una temperatura invariable, evaporar continuamente agua en una caldera de superficie dada, y el de dar fuego por muchos dias á un horno de reverbero ó cualquiera otro, etc. En todos estos casos y para valuar en ellos los resultados producidos por los aparatos, se ha de atender principalmente al tiempo, porque los efectos siendo uniformes serán proporcionales á su duracion, asi como lo será la cantidad de combustible que se gaste.

Sin embargo, si se compara el efecto útil de una cantidad dada de carbon con todo el calórico que ha producido, se encontrará una gran diferencia entre estas dos cantidades; pero tambien si esta se aprecia exactamente, sirve para graduar la perfeccion de los aparatos. Asi es que en muchos hornos usados para

calentar ó evaporar agua, solo se utiliza el cuarto ó el quinto del calor del combustible empleado; pero tambien hay otros en que se aprovecha la mitad y aun las dos terceras partes, en cuyo caso estos satisfarán mejor que aquellos todas las condiciones convenientes para una perfecta combustion.

Es muy importante para las mejoras y progresos de las artes, asi como para la economía necesaria en todos sus trabajos el poder graduar ó medir los efectos que de ellos resultan. Hasta ahora respecto al calórico y sus fenómenos, solo se ha tratado de graduar las diferentes temperaturas, determinándolas por medio de un instrumento llamado *termómetro*, que solo sirve para grados de calor poco elevados, y por medio de los *pirómetros* que sirven para regular el fuego de los hornos. Pero si se quisieren medir las corrientes de calórico que hay en los hogares, y que salen de ellos como de un orígen variable ó constante, no hay para ello medio alguno, y solo se sigue la regla de apreciarlo por la cantidad de combustible quemado. Podria medirse la cantidad de aire ó por mejor decir de oxígeno absorbido,

pero esto seria mucho mas difícil, y en uno y otro caso seria preciso dar por completa la combustion, lo que en rigor jamas se verifica. Cuando se ha intentado comparar entre sí las llamadas *potencias calorificas* de los combustibles, ó lo que es lo mismo, la cantidad total de calor que dan estos cuando se queman, para hacer las experiencias se ha recurrido á la licuacion del hielo, en cuyo caso el aparato llamado *calorímetro* que inventaron los S[res] Lavoisier y Laplace da exactamente los números proporcionales á las cantidades de calórico, que en un peso igual dado se desprenden de diferentes combustibles; pero este instrumento no puede servir para trabajos en grande y es de uso difícil aun en pequeño. Ha servido mas comunmente para el mismo fin la evaporacion del agua hirviendo, en el mismo horno, con la misma caldera y circunstancias atmosféricas al parecer iguales, y este medio aunque mucho menos exacto que el anterior, ha dado sin embargo resultados útiles y tiene por otra parte la ventaja de ser mas usual.

Hemos dicho que un hogar de lumbre podia ser considerado como el sitio donde nace

una corriente de calórico que se ha de emplear del modo mas útil; en cuyo caso conviene examinar de qué manera se tiene en las artes el calórico, qué materias contribuyen á ello, es decir los combustibles y el aire atmosférico; la especie y disposicion de los aparatos que se necesitan, los diversos modos de aplicar el calor á los diferentes cuerpos sólidos, líquidos ó aeriformes que hay en la naturaleza; y en fin, como se puede conservar el calor ó variar la temperatura segun convenga.

SEGUNDA SECCION.

De los combustibles.

De los cuerpos que la química clasifica entre los combustibles, en las artes solo se emplean los que son muy abundantes, baratos y que quemándose dan un calor considerable. Las sustancias que reunen estas condiciones económicas se componen de carbono y de hidrógeno en proporciones variables, pues los otros elementos que las suelen componer estan en cantidades pequeñas.

Los combustibles vegetales son la madera y

el carbon, y los minerales son el carbon de piedra, la madera bituminosa y la turba, y no se mencionan los aceites, resinas y betunes, porque solo se usan para los alumbrados.

Los combustibles en el estado ordinario, pero puros y bien secos, quemándose dan una llama mas ó menos viva y duradera, que es la luz mas ó menos brillante encendida con las sustancias que pueden ser quemadas en el estado de vapores ó gases. El primer calor basta para desprender de los combustibles naturales los gases y sustancias volátiles menos coherentes en ellos, las que en su estado sutil se encienden y originan la llama, aunque no la hay siempre en la combustion, en la que acaban por abrasarse las partes no volátiles dando un fuego mas intenso y concentrado. Estos dos efectos reunidos producen el mismo resultado, pero en algunas operaciones solo sirve uno de ellos. Hay hornos que se construyen y disponen para aprovechar solo el efecto de la llama de los combustibles, y otros en que se ha de hacer fuego sin llama. Para apreciar estas dos acciones de los combustibles,

consideraremos con alguna atencion las diversas propiedades de la llama y de las brasas.

Suponiendo como hemos dicho que la llama es producida quemándose las sustancias volátiles al mezclarse con el aire atmosférico, se deduce que entonces hay movimiento y transporte de moléculas abrasadas, y por esto la llama sirve principalmente para arrebatar el calórico calentando y rodeando un cuerpo considerable, como una caldera. De este modo se calientan grandes espacios y se hacen varias operaciones, porque asi se puede tener un hogar ó fogon á cierta distancia de donde se necesita el fuego. A estas nociones se ha de añadir que el desarrollo de la llama exige siempre mucho espacio, y que un volúmen considerable de los gases desprendidos se mezcle con el aire atmosférico. Los hornos que tienen estas condiciones se pueden llamar *hornos para llama*, entre los que pueden contarse los de evaporacion, los de *reverbero* y todos los que sirven para calentar crisoles.

La parte fija de un combustible se quema

en un espacio mas estrecho, ó á lo menos en uno pequeño se puede quemar mayor cantidad de materia, y por consiguiente obtener una temperatura mas elevada que la que resultaria de la llama sola, y para eso basta que una corriente rápida de aire comprimido pueda atravesar y circular por entre la leña ó carbon que se queme. Se ha notado que en el pequeño espacio en que se quema la parte sólida del carbon, las materias volátiles que dan la llama, no solo no aumentan el calor y la temperatura, sino que son perjudiciales, porque su combustion es siempre imperfecta, y al volatilizarse disminuyen el calor que da la parte sólida del combustible; de consiguiente si ha de haber una alta temperatura en un hogar estrecho, se han de quitar á los combustibles que han de emplearse las partes volátiles que contengan, lo que se consigue carbonizándolos. La carbonizacion es una especie de destilacion que en la práctica equivale á una combustion sofocada, porque se quema parte del combustible para que su calor destile la otra, y es de notar que comunmente se desperdicia el calor que en tal caso darian las sustancias

volátiles, porque se pierde dejándolas disiparse en humo por la atmósfera. La leña, el carbon de piedra y aun la turba se convierten en carbon. No nos detendremos en describir los diversos procederes usados ó propuestos para hacer el carbon; pero advertiremos que esta operacion importante es aun poco conocida y mal practicada con la leña, porque se hace en medio de los montes al arbitrio de carboneros ignorantes á quienes repugnan las mejoras que en esto se pudieran hacer. No obstante, del modo con que se dispone y conduce la carbonizacion, depende principalmente la calidad y cantidad de carbon que se saca de una misma cantidad de leña ó de carbon de piedra, en lo que se observan grandes diferencias.

No será inútil dar á conocer brevemente las principales propiedades de los combustibles que se usan mas comunmente, considerándolos ó en su estado natural, es decir propios para dar llama, ó carbonizados.

De la leña.

Se emplea esta comunmente y en su estado

natural para calentar los hornos de reverbero, los de evaporacion y para tostar los minerales, etc.; pero en muchos parajes, es económico servirse en lugar suyo del carbon de piedra y aun de la turba de buena calidad.

La leña es de dos especies considerada por sus efectos caloríficos y principalmente por las propiedades de sus carbones. Las maderas duras son las del castaño, encina, ojaranzo, nogal, arce, higuera-moral, el olmo y el haya. Todas las otras especies se tienen por maderas blandas, y el carbon que dan es mas ligero y resiste menos al fuego que el de las anteriores, aunque como leña son mas fáciles de quemar y dan mas llama que las primeras, siendo resinosas muchas de ellas. El peso específico de la madera de encina comparado con el del agua tomado por unidad, es de 1,5 y el de las maderas blandas es menor. La densidad de las leñas depende de su estado de sequedad, y si se secan al aire pierden en algunos meses 1/5, 1/4 y aun hasta la mitad del peso que tenian cuando se cortaron. En las herrerías se cuenta generalmente con que 46 1/4 pies cúbicos de encina hecha pedazos, pe-

san de 870 á 978 1/2 y aun 1087 1/2 libras segun él grado de sequedad de la leña y el modo con que se coloca: 46 1/4 pies cúbicos de maderas blandas ó blancas tales como el pino y otras, apenas pesan de 652 1/2 á 739 1/2 libras. En el interior de Francia, la cuerda de leña carbonera que es de 127 pies cúbicos no pesa mas de 1280 libras (peso antiguo de Francia) porque no pueden *colocarse los trozos sin dejar vacios*. Las leñas en un estado igual de sequedad dan al poco mas ó menos igual cantidad total de calórico, porque la composicion química de las diferentes especies es casi la misma, pero como su peso específico es diferente, asi como tambien su propiedad de dar llama, causan diferencias muy notables de temperatura al quemarse, pues las mas compactas dan mas calórico que las otras. Lo mismo sucede con los carbones que producen, porque los de las maderas blancas dan mucho menos calor que los de las maderas duras. Segun los S[res] Gay-Lussac y Thenard, las maderas duras contienen de 50 á 52 por 100 de carbon; pero Rumford por un método directo nunca pudo lograr mas de 43 por 100,

y en grande en las carboneras apenas se saca mas de 25 á 30 por 100. La madera quemándose deja cenizas que contienen sales de potasa y cal con algo de sílice, aunque esto varia del mismo modo que es diferente tambien la cantidad de cenizas que da una misma especie de leña, segun la edad del árbol y el terreno en que se ha criado; pero generalmente esta cantidad está entre 1/2 ó 2 por 100 y nunca pasa de 5 por 100. Con todo, su composicion no es siempre idéntica y algunas de aquellas sustancias aunque en pequeña cantidad, tales como el carbonato de potasa ú otras sales alcalinas, son fundentes muy activos y pueden influir en la conservacion ó duracion de los hornos. Se ha empezado á sospechar que en algunos casos la potasa se descompone, y que su metal puede entrar en combinacion, principalmente con el hierro cuando se funden sus venas. El conde de Rumford clasifica las diferentes especies de leña segun el calórico que dan evaporando agua con ellas, y las considera en el orden siguiente: el haya, los troncos ó ramas de encina, el ojaranzo, el olmo, el tilo, el abedul, el chopo, el álamo negro, el cedro, el

pinabete y el pino. Tambien ha demostrado el influjo que tiene la desecacion de las maderas en los efectos caloríficos que pueden producir; asi es, que trozos de abedul bien secados al aire, han dado un calor capaz de elevar 34 veces su peso de agua desde 0° hasta 100°, y los mismos trozos secados en una estufa elevan del mismo número de grados 39 veces su peso de agua; el tilo secado al fuego en una paleta, elevaba del mismo número de grados hasta 40 veces su peso de agua, el pino de 30 á 37, y la encina medio seca 26 veces su peso. Por esta razon en ciertos trabajos de artes, como en los de las fábricas de cristal y para los hornos de porcelana, se parte la leña y se seca en estufas.

Del carbon de leña.

A peso igual este carbon da mucho mas calor que la leña, por lo que se usa siempre que se quiere lograr una temperatura elevada en un espacio pequeño. Se consume principalmente en los hornos en que el combustible se ha de mezclar con la sustancia que se calienta, y en que conviene aprovechar el espacio en

que se hace la combustion, aunque es cierto que cuando la leña se reduce á carbon, como se separan las sustancias volátiles qué podrian aumentar los grados de calor, hay una pérdida real en las masas que se gastan anualmente para los trabajos de artes. Rumford valúa esta pérdida en 64 por 100 de la leña anualmente reducida á carbon, comprendida sin duda la que se quema en esta operacion, pero desgraciadamente no pueden emplearse las maderas en todas las operaciones, pues por ahora en muchas no son tan ventajosas como el carbon. Cuando este se hace en grande, no se consigue sino el tercio ó el cuarto del peso de la leña, y aun hay que contar con un quinto de tizos.

Como se hace el carbon con leña de diversas especies,tiene calidades diferentes y lo son hasta las del que se hace con las distintas partes de un mismo vegetal. El mejor carbon se hace con madera de tilo, ramas de encina ó de castaño, haya, pino ó pinabeto, y la cantidad de carbon que se obtiene varia segun los paises. En el interior de Francia una carga de encina seca de 127 pies cúbicos que pesan 1,516 libras producen 30 pies cúbicos de carbon de peso de 323

libras. El peso específico del carbon de encina ó el peso del pie cúbico varia desde 6, 7 hasta 8, 7 libras. Los carbones de maderas blandas y principalmente los de las resinosas, que se usan en el norte y en los paises montuosos, solo pesan de 4,6 á 5,3 libras por pie cúbico.

El carbon absorbe rapidamente la humedad del aire y del suelo en que se deposita, y asi es que apenas sale de las hoyas en que se hace, aumenta de peso adquiriendo hasta un cuarto ó un tercio de agua.

No es económico emplear el carbon apenas se acaba de hacer, sobre todo cuando se ha de encender con fuelles grandes, por lo que en las herrerías, y principalmente para los hornos altos de hierro, se prefiere el carbon almacenado de dos ó tres meses.

Del carbon de piedra.

Se usa este carbon ventajosamente en las fábricas y principalmente en las que se trabajan los metales, porque da un calor considerable é intenso, y por esta razon como le hay de diversas especies, se ha de elegir siempre la que mas convenga para el uso que se quiera hacer

de él. Dos son las condiciones que proceden de su esencia, y que se han de tener presentes para su uso en razon de las cantidades de calor que puede dar: una es la proporcion de sustancias bituminosas que contiene, y otra la de las materias terreas ó incombustibles. La especie del carbon de piedra llamada *antracita* que se encuentra en los terrenos de *formacion intermedia*, se enciende dificilmente y no da casi llama, y por otra parte el carbon está mezclado en este mineral con muchas tierras y piritas de hierro, por lo que es malo para la fundicion de las venas. Limitando pues nuestro exámen á los carbones de piedra de buena calidad, diremos que unos son muy poco bituminosos por lo que se llaman *secos* y sirven para hacer la cal, calentar las habitaciones y en caso necesario para los hornos de evaporacion. Hay otra especie mas bituminosa de un aspecto craso que arde y da gran calor, y sirve principalmente para las fábricas de vidrio y otras muchas y en los hornos de reverbero. En fin, hay otra que es el carbon de piedra mas puro y que se aglutina y pega al fuego, el cual sirve principalmente en las herrerías. Esta es la clase mas buscada

y la mas cara, aunque no es buena para los hornos que tienen rejas, porque como se ha de quemar sobre ellas, se aglutina y pega á las barras del enrejado é impidiendo la circulacion del aire, la combustion es lenta é incompleta. Esta especie de carbon se dezmenuza por otra parte fácilmente, y está casi siempre en polvo. En general los carbones de piedra mas bituminosos son mas inflamables y se encienden mas fácilmente. Este carbon se quema sobre enrejados de hierro, cuyas barras estan mas ó menos separadas segun el grueso mas comun de los pedazos, y asi se hace en todas las fábricas excepto en las de forjar metales. El grandor de la reja ó su superficie, en circunstancias iguales, determina la cantidad de carbon quemada en cada hora. El obrero encargado de dirigir el fuego cuida de que la reja esté muy limpia quitándola las materias vitrificadas, ú otras que pueden habérsela pegado y cargándola cuando falte carbon. Se ha de tener presente que el azufre desprendido de las piritas que continuamente hay en estos carbones, destruye muy pronto las barras de las rejas, y hasta las calderas de hierro colado dúctil que se ponen encima.

El peso específico de este carbon, siendo de buena calidad, varia de 1,2 á 1,6 y el del impuro es mayor por las materias terreas que tiene. La fanega de trozos medianos pesa comunmente 97 á 103 libras, pero si son menudos y la medida está colmada su peso sube de 109 á 121 1/2 libras.

La mayor parte de las sustancias volátiles que por la destilacion se separan de este carbon es bituminosa, y lo que queda es de 60 á 80 por 100 de combustible en los carbones muy puros y de buena calidad. Quemándolos completamente queda un residuo terreo mas ó menos considerable que en las mejores calidades solo es de 1 á 3 por 100, y en otras sube hasta 20 á 25 por 100. El gas del alumbrado se obtiene destilando este carbon, en cuya operacion se descompone simultaneamente el betun, los mejores carbones de piedra solo dan 4 por 100 en peso de este gas, y las materias terreas ó cenizas sirven para usos caseros y en algunas fábricas.

Este carbon es muy ventajoso en las fábricas y á peso igual da mucho mas calor que la leña y tanto como su carbon.

Del carbon mineral carbonizado llamado coak.

Por las mismas razones que en ciertos casos es preferible el carbon á la leña, se prefiere en otros el carbon de piedra carbonizado al que no lo está. Este se carboniza con el mismo fin y por un proceder análogo al de la leña, y el resultado se llama cok (coak). Las partes volátiles ó los betunes que en esta operacion se desprenden del carbon de piedra, casi siempre se disipan en la atmósfera, resultando de esto que se pierde mas de la mitad del calórico que este carbon hubiera producido, si se hubiese quemado en su estado natural. Sin embargo, el cok produce en el hogar de un horno un calor mucho mas intenso, y asi es que siempre que la llama no es necesaria, se pueden lograr por este medio efectos que no produciria el carbon de piedra en su estado natural, y aun es frecuentemente necesario que el cok sea muy compacto, y asi se le prefiere para ciertos usos, á cuyo fin es preciso prepararle de manera que sea poco poroso, porque de esto resulta que cuanta mas materia combustible hay

reunida en un mismo espacio, mas se puede elevar la temperatura de un fogon.

La carbonizacion del carbon de piedra se hace en montones al aire libre con trozos de cierto tamaño, porque cuando es menudo ó en polvo, esto no se consigue sino metiéndole en un horno parecido al de los panaderos, y aun asi algunas veces es preciso que para meterle allí esté ya encendido. En todo caso se procura que una cantidad pequeña de este carbon, quemándose dé el calórico necesario para desprender las partes volátiles de las demas, cuidando al mismo tiempo de que los betunes ardan lo menos posible para no hacer un fuego muy violento, y conservar mas de la parte carbonosa sólida. En Inglaterra se ha fundido algunas veces la vena de hierro con el cok obtenido por la destilacion en grande del carbon de piedra; pero parece que el que resulta de la preparacion del gas del alumbrado y que queda en las retortas que sirven en tal caso, no es bueno para los hornos, ni aun en los de fundir el hierro colado para amoldarle; y acaso esto procede de que es demasiado poroso y asemejado á la brasa de los panaderos ó al carbon de

braseros hecho al aire libre, que uno y otro dan poco calórico cuando se queman.

El carbon de piedra con que se haga el cok que deba servir para fundir venas de hierro, ha de contener pocas materias terreas; pero no por eso es necesario que este carbon sea el de primera calidad ó el mas bituminoso, y en Inglaterra para los hornos altos se prefiere el carbon de piedra que aunque craso, no contiene demasiado betun, que está en hojas delgadas y sin piritas de hierro ni piedras. Si algunas veces se emplea un carbon mas bituminoso, es porque tiene menos materias terreas y sustancias perjudiciales al hierro.

El cok que proviene de un carbon de piedra poco bituminoso, pero puro, es menos poroso y mas denso que el que procede de un carbon de piedra muy pegajoso, y asi es que tiene la ventaja de dar una temperatura mas alta á los hornos. El carbon de piedra craso aumenta de volúmen en la carbonizacion, principalmente si en ella no ha sido comprimido ó apretado; y asi es que á veces el volúmen del cok es dos veces mayor que el del carbon de que procede, observando que ciertas especies

aumentan poco de volúmen, y algunas de las del seco disminuyen en tal caso hasta la mitad de su volúmen primitivo. En Inglaterra hay fundiciones en que el carbon de piedra de que se sirven solo da la mitad de su peso en cok; en las herrerías de Merthyrtydwill los 3/5 : en las de Silesia un volúmen igual y solo 1/3 en peso. El cok de buena calidad y bien hecho comunnmente es fibroso, ó laminosito, y á veces estriado, ligero y de un calor grís metálico muy notable, mancha poco, es duro y sonoro, es menos combustible que el carbon de piedra y el de los poco bituminosos lo es menos que el de los crasos. En general para quemarse en hornos necesita mayor cantidad de aire á la vez que el carbon de madera, y como puede aguantar corriente mayor y mas rápida, se logra con él una temperatura mas alta y se funde mas vena en un mismo tiempo como se observa en los hornos altos. El cok atrae mucho la humedad de la atmósfera, absorbiendo hasta un peso de agua igual al suyo, y en tal caso, da menos calor que si estuviera seco, lo que es un grande inconveniente, y por cuya razon debe guardarse en almacenes muy secos

ó emplearle poco despues de haberle hecho.

De la lignita ó madera bituminosa fosil.

Muchas son las propiedades por las que se distingue esta madera del carbon de piedra, y principalmente por la de dar menos calor, y asi es que solo sirve para los hornos de evaporacion aunque parece que podria usarse tambien en los de reverbero. Se ha intentado carbonizarla pero hay en ello tanta pérdida que no es ventajoso; ademas estas maderas contienen piritas que se eflorescen al aire y se deshacen ó deslíen en los sitios menos húmedos.

De la turba.

Se saca este combustible de valles y sitios pantanosos, y en donde cuesta poco sirve principalmente para los usos caseros y los hornos de evaporacion, aunque cuando es de buena calidad puede emplearse tambien en los de reverbero y en el trabajo de metales. La turba al quemarse exala un olor desagradable, lo que es un obstáculo para usarse en los países en que no es comun; pero puede evitarse este inconveniente carbonizándola en hornos á pro-

pósito, y de este modo será mas fácil y menos costosa su conduccion. Dando este carbon bastante calor al quemarse, se ha intentado fundir con él las venas de hierro en los hornos altos, mezclándole con carbon de leña en lo cual se ha visto que siendo de buena calidad no alteraba la del hierro; pero es dudosa su utilidad porque se cree que en semejante caso, se gasta tanto carbon de leña como si no hubiese turba.

Hay varias especies de turbas que consideradas como combustibles tienen propiedades distintas, y las mejores solo producen 1/3 del calórico que da el carbon de piedra, es decir, que se necesitan gastar 3 partes mas que de este para lograr el mismo resultado, y aun se ha indicado que para calentar las calderas y máquinas de vapor, es muy bueno este carbon, pero que se necesitan 7 veces mas en peso que de buen carbon de piedra.

Comparacion de los combustibles entre sí.

Si el buen suceso de una fábrica se ha de fundar en la calidad del combustible que se gaste en ella, si este es desconocido ó si quiere emplearse en algun uso nuevo, se le ha de en-

sayar porque hay grandes diferencias entre los combustibles de una misma especie, y sus ventajas dependen de los usos que se les da. La tabla siguiente servirá para esto porque podrán referirse á ella los hechos observados en la práctica, expresando la calidad calorífica de diferentes combustibles entre sí y quemados en circunstancias semejantes.

Tabla que señala las cantidades de calor que han dado diferentes cuerpos al quemarlos completamente en el calorímetro de hielo.

CUERPOS COMBUSTIBLES.	CANTITAD DE HIELO FUNDIDO expresada por el peso DEL CUERPO COMBUSTIBLE.
Carbon de leña.........	95 veces su peso de hielo.
Hydrógeno...........	295,60
Fósforo.............	100
Leña................	50
Carbon de piedra........	94 ó 95
Turba...............	32
Aceite..............	184
Cera................	133

Segun Dalton el calórico producido por una libra de carbon de leña es suficiente para hervir 45 libras de agua fria á punto de helarse, y se necesitaria la misma cantidad de carbon de piedra al poco mas ó menos. Segun Black 100 libras de carbon de piedra de Newcastle quemadas en un horno bien hecho á la presion ordinaria de la atmósfera evaporizan 538 libras de agua, ó lo que es lo mismo cinco veces y un tercio de su peso. En esto se distinguen mucho los carbones de piedra; pues por ejemplo el de Newcastle, que se tiene por el mejor de Inglaterra, da una cuarta parte mas de calor que el de Glasgow. Las experiencias de Lavoisier, de que tuvo noticia el conde de Rumford, indican las proporciones siguientes entre los diferentes combustibles empleados en los mismos aparatos, para vaporizar iguales cantidades de agua, es decir, para dar efectos ó cantidades de calórico casi iguales :

403 libras de cok ó	17 medidas.
600 *idem* de carbon de piedra	10 —
600 *idem* *idem* de leña	40 —
1089 *idem* de leña de encina	33 —

Quemando sucesivamente en un horno de

reverbero ó en los del vidrio carbon de piedra y leña de encina, se ha experimentado que una parte en peso del primero equivale á 1,7 de la segunda, aunque se ha necesitado 1,66 de esta última en algunos hornos del vidrio; pero generalmente 2 partes de leña pueden sustituir 1 de carbon de piedra de buena calidad. Las cantidades de oxígeno que un mismo peso de estas dos sustancias consume al quemarse, estan en la proporcion de uno para la leña, y dos para el carbon de piedra, lo que indica que las cantidades de calórico desprendido aun en operaciones en grande estarán en esta proporcion. Comparando los efectos de la turba y su carbon con los del de piedra, se ha visto calentando agua en las calderas de los tintoreros, que las proporciones de sus efectos eran las de los números 1,50 : 6,50 : 9,15. Los físicos alemanes han reconocido que 100 pies cúbicos de turba de la mejor calidad daban tanto calórico como 84 de leña de pino, y que el dado por la turba de mediana calidad solo equivalía á 12. Segun Rumford quemando 1 libra de esta leña solo se pueden hacer hervir 20 1/2 libras de agua tomadas á 0°, é igual

cantidad de carbon de piedra podrá producir el mismo efecto en 36 1/2 su peso de agua. La tabla siguiente da el resultado de varias experiencias hechas en circunstancias bastante aproximadas á las de la práctica.

CUERPOS COMBUSTIBLES.	AGUA CALENTADA á 100° en peso DEL COMBUSTIBLE.	AGUA HIRVIENDO convertida EN VAPOR.
Carbon de leña.	57,60 veces su peso.	10,9 su peso.
Idem de piedra.	36,50..........	6 ó 7
Encina seca...	31,70..........	»
Pino........	20............	»
Carbon de New-castle......	» »............	6
Idem..	» »............	6,25
Idem..	» »............	7,89

Debe pues considerarse que el cok á peso igual da tanto calórico como el carbon de leña, á lo menos cuando contiene pocas materias terreas.

Si es cierto que las cantidades de calórico medidas en el calorímetro son el máximo ó

límite, al que no se puede aspirar con la unidad de peso de un combustible, quemada en los hornos, servirán no obstante para manifestar la diferencia que hay del efecto útil al límite teórico, cuyo conocimiento podrá ser ventajoso en la práctica; asi es que por este medio se ha reconocido que en los hornos de evaporacion mejor hechos se perdia 1/3 del calor que se hace en ellos, y en otros peores apenas se aprovecha mitad ó 2/5.

TERCERA SECCION.

Del aire y de su accion en los hornos.

Muchas condiciones son necesarias para quemar completamente un combustible; pero las principales son las de mantenerle á una temperatura suficientemente elevada, y ponerle al mismo tiempo en contacto con el aire renovándole á menudo, y si se quiere que el fuego sea mas violento se le ha de aumentar dándole frecuentemente una corriente mas rápida de aire. Para que la leña ó el carbon ardan bien, se han de colocar por trozos en los hogares de modo que queden huecos entre ellos y sean mas sus puntos de contacto con el oxí-

geno atmosférico; pues de otra manera se encienden mal, y asi es que cualquiera combustible en polvo se quema mas dificilmente que cuando está hecho pedazos, porque en el primer caso no hay intersticios por donde circule el aire. Se ha de atender tambien al modo de colocar los combustibles segun sus varias especies, pues la leña partida quema bien en un hogar sólido y llano, al mismo tiempo que el carbon de piedra necesita ponerse en uno de enrejado de hierro. Para conseguir en un hogar una alta temperatura, es condicion indispensable amontonar en el menor espacio la mayor cantidad posible de leña ó carbon, y hacer circular por entre ellos en un tiempo dado, lo mas de aire que pueda ser. Es ventajoso el juntar los trozos unos á otros porque la irradiacion recíproca de su calórico aumenta su temperatura, cuando se han tomado precauciones convenientes para que no se debilite la corriente de aire, y que esta entre suficientemente comprimida y atraviese constantemente por entre el combustible, cuyo doble objeto se consigue por medio de los fuelles. En general se ha de tener entendido que en los hogares ha de haber una

cantidad mayor de aire atmosférico, que la que en rigor seria necesaria para quemar el combustible si todo el oxígeno fuese absorbido; porque nunca hay con este el contacto necesario, impidiéndolo la mobilidad del aire, su dilatacion por el calor, la accion de los fuelles que le impelen, como la de las bocas de las chiméneas que le aspiran; por lo cual, ni está mucho tiempo en los hogares ni sus moléculas pueden tocar suficientemente las mismas partes del combustible; de lo que resulta que sale de los hornos mucho oxígeno que no ha podido combinarse. Cuanto mas violento y fuerte conviene que sea el fuego, es decir, cuanto mas se quiere elevar la temperatura, mas se ha de aumentar la velocidad y el volúmen de la corriente de aire; y en esto no hay otros límites que el enfriamiento que puede producir su renovacion, que á cierto punto podria ser mayor que el aumento de calor que diese su circulacion. Conocida la composicion de un combustible es fácil calcular, segun la teoría química, la cantidad de oxígeno que se necesita para quemarle completamente, lo que dará fácilmente la de aire atmosférico que

se ha de emplear, suponiendo que los 21/100 de oxígeno que contiene fuesen absorbidos. Asi es que para una parte de leña seca se podrian necesitar 2 2/10 de aire atmosférico y para una de carbon de piedra 4 4/10; pero como hemos dicho que esta cantidad es el mínimo seria insuficiente, pues la experiencia demuestra que para dar á un horno un fuego muy activo, se necesitan 3 veces mas de aire que el que en rigor seria preciso, de suerte que para la leña ha de haber en el hogar 10 veces su peso y para el carbon de piedra 20. Volveremos luego á hablar acerca del modo de poner el combustible en contacto con el aire renovándole á menudo, y los medios que se usan para introducirle comprimido en los hornos. En estos obra esencialmente en razon del quinto de oxígeno libre que contiene proximamente, porque los otros 4/5 parece que no producen accion química y que solo tienen un influjo pasivo y mecánico en las operaciones; asi es que el oxígeno atmosférico origina la combustion; pero ni tan rápida ni completamente como lo haria si no estuviese desleido en cuatro veces su volúmen de gaz azoe. Este ademas de

ser inútil en la combustion, disminuye sus efectos privándola de una cantidad de calórico proporcionada á la temperatura del hogar, y á la parte considerable de aire que necesitan los combustibles para quemarse rápidamente.

En las temperaturas elevadas el oxígeno obra energicamente sobre los metales que estan en los hornos mezclados con los combustibles; asi es que estos reducen al estado metálico el hierro, el plomo, el cobre, el estaño, el zinc, etc., sucediendo á menudo que estos metales durante la combustion son convertidos otra vez en óxidos por las corrientes de aire. Este inconveniente que convendrá evitar enteramente se remedia operando en vasijas cerradas ó crisoles, y dentro de hornos con cierta cantidad de vidrios terreos ó natas fundidas, que envolviendo los glóbulos metálicos los preservan de la oxigenacion, y de que los atraviesen las corrientes de aire al entrar en los hogares, que es cuando son mas oxigenantes. Por esta razon en la fundicion de venas de hierro, entre otras, se disponen sus mezclas de tal modo que el volúmen de las natas ó escorias terreas fundidas sea doble del hierro metálico. Es-

tas sirven ademas para cubrir los metales fundidos en los receptáculos ó piletas donde se les deja reposar para que asi se purifiquen. Pero como quiera que sea, siempre que entra aire en los hornos en que se reducen los óxidos metálicos, se ha de atender al resultado definitivo; porque se ha de contar con que habrá diferentes reducciones y oxidaciones, y para impedirlas se colocan los crisoles debajo de la boca de la entrada del aire, para sustraer á la accion de su corriente el metal que se obtenga, cuidando que esté siempre cubierto con las escorias fundidas que como mas ligeras se mantienen en la parte superior de la materia.

Hemos asentado que la accion del aire se debe á las afinidades muy enérgicas y multiplicadas de su oxígeno libre y que el gas azoe desleyéndole disminuye su accion, al poco mas ó menos como si le dilatase en un volúmen quíntuplo del que tendria si no estuviese mezclado con él. De este modo se puede formar una idea de la diminucion de accion que produce un volumen dado de este gas; pero los que quisieren profundizar la materia hallarán hechos análogos en las investigaciones del S[r] Davy sobre la

produccion de la llama. Las corrientes de aire causan otros efectos en los hornos, que son mecánicos, ó químicos y mecánicos á un tiempo, y conviene conocerlos y apreciarlos aunque no sean tan generales é importantes como los que produce el oxígeno. Gay-Lussac (1) ha llamado la atencion de los químicos y metalúrgicos sobre algunos efectos del aire relativos á la evaporizacion de los metales; asi es que « en « vano, dice, se intentará destilar zinc en una « vasija rodeada de lumbre calentada igualmente « por todos lados, que no tenga sino una pequeña « comunicacion con el aire, si la temperatura no « es suficiente para hacer hervir el metal; pero en « las mismas circunstancias mezclando su óxido « con carbon se logrará muy buen metal. Se sabe « tambien que para tener flores de zinc, ade- « mas de la oxidacion, es necesario que una « corriente de aire pase por encima de la su- « perficie del metal. El plomo, el antimonio, el « bismuto, humean mucho á un calor rojo en « crisoles destapados, y parecen por consi- « guiente muy volátiles; pero en crisoles cer-

(1) Tomo I de las memorias de Arcueil.

« rados no se subliman y parecen muy fijos.»

No es solo el aire el que produce estos fenómenos; se verifican lo mismo en las corrientes de un gas cualquiera, con los vapores, y aun con los del agua que arrastran las sustancias del mismo modo. La accion de tales corrientes es sin duda muy notable como lo prueban sus efectos, que verificó Descotils en el sulfuro de plomo y el plomo metálico, lo que es muy importante en algunas operaciones metalúrgicas relativas á las venas de este metal.

Asi es que este escritor asienta como un hecho cierto « que la corriente de un gas de los que « pueden obrar químicamente sobre los sul- « furos de plomo favorece singularmente su « sublimacion, por lo que el oxígeno de una « corriente de aire convierte una porcion de « sulfuro de plomo en sulfato, quemándole y « volatilizándole á la manera que sucede en los « hornos en que se funde su vena, y por esta « razon el residuo que es plomo metálico se « reduce á la mitad del metal que habia en el « sulfuro. » Esto explica muy bien las pérdidas considerables que hay de plomo, cuando des-

pues de haber tostado la galena se funde esta en un horno de manga, y prueba lo ventajoso que es servirse del hierro para separar el azufre, porque en este caso no se desprende gas alguno. Las corrientes de aire no producen efectos sensibles en el cobre, la plata y otros metales poco oxigenables como los causan en el plomo, zinc, antimonio y acaso algunos otros de los que se oxigenan fácilmente con el contacto del aire atmosférico. Este produce efectos mecánicos que pueden ser de alguna consideracion, cuando sus corrientes son muy rápidas al atravesar los hornos grandes; y asi es que el viento de los fuelles echa fuera de aquellos las venas muy ligeras ó en polvo, y es preciso mojarlas para remediarlo de este modo ú otro; asi como sucede tambien que en los hornos altos de hierro, levantando el cok mas ligero que la vena, le aparta de ella y esta cae al suelo mas pronto de lo que conviene, porque se separan estos dos cuerpos que durante la fundicion debieran estar reunidos.

En fin, debe tenerse presente que los gases ó vapores que se forman en las fundiciones aumentan las corrientes de viento, y producen

los mismos efectos que el aire atmosférico; porque se ha de notar que los gases formados en tales casos son una mezcla de óxigeno, que no ha sido absorbido, de azoe, ácido carbónico y principalmente de gas óxido de carbono que se forma en abundancia en los hornos altos, ya por ser un producto inmediato de la combustion del carbon, ya porque el ácido carbónico se descompone cuando atraviesa una columna alta de carbon encendido, lo que es mas probable, y sobre lo cual puede consultarse una memoria del S. Berthier, inserta en el núm. 30 del *Diario de minas*. Este gas imperfectamente quemado sirve para calentar varios aparatos puestos á la llama que sale de los hornos altos, y tambien para el alumbrado.

CUARTA SECCION.

De los fundentes.

Llámanse asi las sustancias que se mezclan con las venas para fundirlas con mas facilidad, siendo lo mas generalmente materias terreas y las natas ó escorias de las fundiciones anteriores.

Se sabe que las mas de las venas tienen una ganga ó matriz agregada ó combinada con los óxidos y sulfuros metálicos, la çual compone las natas necesarias en las fundiciones de los hornos; pero pueden no ser bastante abundantes, ó lo que es mas frecuente que no esten sus partes terreas en la proporcion conveniente para que á la temperatura comun de los hornos se liquiden con la fluidez necesaria; en cuyo caso se han de añadir otras que por su calidad y cantidad faciliten la fusion que se desea en las mezclas ó masas. Por este medio es cierto que se aumenta la masa que se ha de fundir; pero se hacen posibles ó mas fáciles diferentes trabajos metalúrgicos, disminuyéndose su coste, lo que en otro caso no se conseguiria.

Las principales condiciones de un fundente son las de que no perjudique á la calidad ni á la extraccion del metal que ha de rendir la vena: asi es que hay sustancias que son excelentes fundentes de las gangas de hierro; pero si contienen azufre ó fósforo, no deben de manera alguna ser empleadas, porque perjudicarian mucho la calidad del metal. Han de ser esco-

gidos entre las materias abundantes y baratas; y de fácil conduccion, y ademas han de ser de los que acelerando la fundicion, proporcionen ahorros de combustible.

Los vidrios terreos que se forman en una fundicion, son generalmente silicatos de muchas bases terreas, ú óxidos metálicos (1). Para elegir los fundentes y sus proporciones se ensayan en pequeño en los crisoles ó en grande en los hornos, aunque á veces será muy útil

(1) En algunos casos se oxidan el *siliceo*, el *alúmi-nio* y el *calcio*, y modificaciones parecidas deben ocurrir con las demas tierras, segun las proporciones en que estan mezcladas, y las circunstancias que favorecen su accion mutua ó la que pueden tener con los óxidos metálicos. Por esto la composicion de las escorias varia mucho, siendo á menudo muy distinta en los primeros productos de una fundicion y en los segundos, aunque los fundentes sean de calidad semejante, y por esta razon importa observar los fenómenos de la fusion, y conocer bien un resultado de ella, en cuanto á la composicion de las natas y escorias, no olo respecto á las materias que contienen y su naturaleza, sino respecto á la textura y modo de composicion. N.T.

analizar químicamente las escorias de las fundiciones, cuando salen bien, y de esta manera se sabrá que materias hay en un horno, y en que proporcion deben entrar para formar buenos fundentes ó buenas natas. Por la misma razon si se analizan las venas, conocida su composicion se sabrá lo que se las debe añadir, ó como deben mezclarse entre sí para conseguir con ellas lo que mas pueda convenir. No hay duda en que la analisis es la mejor guia en todas estas operaciones, pero por desgracia no está al alcance de todo el mundo, y son necesarios muchos reactivos y aparatos, y práctica para operar con exactitud y lograr resultados efectivos.

No es cierto como en otro tiempo se creyó que las tierras se arrastran unas á otras para fundirse, es decir, que la que es fusible hace que las demas lo sean: se sabe hoy al contrario que las infusibles como lo son casi todas ellas, cuando se ponen solas al fuego de los hornos, añadidas á las mezclas de otras infusibles hacen que se fundan fácilmente, y esto es efecto de afinidades químicas muy determinadas. Se han hecho investigaciones sobre la ac-

cion mutua de las tierras, y los resultados generales que han proporcionado son los únicos que darán reglas sobre el modo de usar los fundentes terreos, y expondremos lo mas principal tocante á las cuatro tierras que se hallan mas comunmente en las rocas.

Las tierras que hay mas generalmente en las rocas de minerales son, *la sílice*, *la alúmina*, *la cal* y *la magnésia*, que por sí solas cuando son muy puras son infusibles; por lo que una vena de óxido metálico que solo tenga ganga de cuarzo no puede ponerse á fundir asi, pues se reducirá el óxido y quedará sola la sílice que no es fusible, de lo que resultaria que no separándose completamente el metal, se atascará el horno con la tierra infusible, lo que no puede menos de suceder como las cenizas del combustible no sean suficientes para vitrificar la sílice, ó que esta se combine con el óxido y forme un compuesto fusible; pero aun asi, siempre habrá una pérdida de metal que se puede evitar á menudo por medio de los fundentes. Las mismas cuatro tierras de que vamos hablando aun mezcladas dos á dos se deben tener por infusibles; sin embargo, en-

tonces se advierte que empiezan á fundirse en cuyo caso este efecto se aumentará mucho con un óxido metálico, ú otra tierra cualquiera aunque sea en corta cantidad. Debe no obstante creerse que las mezclas de sílice y cal en ciertas proporciones, y con pequeñísima parte de óxidos de hierro ó de manganeso, pueden fundirse y hacer una nata de buena calidad. Muchas y aun la mayor parte de estas tierras mezcladas de tres en tres son fusibles, excepto las mezclas de cal, alúmina y magnésia, que solo lo son cuando la cal ó la alúmina componen la mitad de la mezcla, y en general se ha de tener presente que la magnésia disminuye la fusibilidad de las demas tierras, y que debe procurarse que no sea abundante en las mezclas. Estas cuatro tierras, todas juntas y agregadas en cualquiera proporcion, son fusibles como no sea en algun caso particular, segun lo ha indicado la experiencia.

En ciertos casos y en algunos parages sirven de fundentes la cal fluatada, conocida con el nombre de *espato fluor*, la barita sulfatada llamada *espato pesado*, y aun la cal sulfatada ó el *yeso*.

El cuarzo es un excelente fundente de los óxidos metálicos y principalmente de los de hierro, plomo, etc. En fin, los álcalis y sales alcalinas que hay en las cenizas de los carbones de leña se han de considerar como fundentes de las sustancias terreas, y acaso por esta razon el carbon vegetal, puede perjudicar las paredes de los hornos altos.

Los mas de los fundentes que se usan para las venas de hierro corresponden á las dos clases de gangas que suele tener este mineral, que son arcillosas ó calcáreas; y asi, á las venas que tienen la primera, se agrega comunmente la *castina*, que es una piedra calcárea mas ó menos pura, y muchas veces se añade marga, de calidad silicea calcarea: para las venas cuyas gangas abundan de cal, se usa una piedra arcillosa ó especie de greda magnesiana. Es tambien un medio de tener mezclas fusibles el de juntar en proporciones determinadas venas de gangas distintas, lo que se hace á menudo en las herrerías para mejorar la calidad del hierro que pudiera dar una sola de las venas.

Por último, se tendrá presente que solo se

han de usar los fundentes cuando sean indispensables, y preferir los que con menos cantidad produzcan el mismo efecto, porque cualquiera de las materias que entran en los hornos exigen cierta cantidad de combustible para fundirse, y causan gastos que conviene ahorrar siempre que se pueda. Por esto mismo, cuando se funden venas de hierro en los hornos altos, se ha de contar con que para fundir una cantidad de vena ó de su mezcla con los fundentes, se necesita otra igual de cok, y para ello solo se necesitan dos tercios en peso, de la masa que se ha de fundir cuando se emplea carbon de leña : y se guarda la misma proporcion para fundir los minerales de cobre pobres, que tienen mucha ganga terrea.

CAPITULO III.

DE LOS HORNOS Ó APARATOS PARA QUEMAR CON ECONOMÍA LOS COMBUSTIBLES Y APROVECHAR VENTAJOSAMENTE SU CALOR.

Dos son las especies de aparatos y máquinas que se usan para esto en metalurgia : *los hornos*, y *los fuelles*, que son inherentes en algunos de ellos, aunque en muchos no los hay porque se construyen de modo que sin fuelles tengan la corriente de aire que necesiten. Por lo cual, todos los hornos pueden distinguirse en dos clases; los que necesitan fuelles, que comunmente se conocen con el nombre de hornos de *corriente forzada*, y los que no los tienen llamados hornos de corriente natural.

Comunmente una fundicion se compone de los aparatos ó máquinas necesarias para el beneficio de las venas, de las que sirven para

afinar los metales que dan, y de los almacenes precisos para guardar y conservar los combustibles, la vena y productos obtenidos.

PRIMERA SECCION.

De la construccion de los hornos.

Se entiende por horno el pequeño espacio en que se encierran y colocan las sustancias que se han de trabajar, y los combustibles que á este fin han de producir una temperatura mas ó menos elevada. Se construyen con unas bocas llamadas puertas ó troneras, por donde se meten ó sacan las materias y se hacen los trabajos ó maniobras convenientes, proporcionando al mismo tiempo la corriente de aire necesaria que ha de fomentar el fuego, lo que arrastra los gases y vapores como ciertos productos que se forman en la operacion. La construccion de los hornos ofrece dificultades porque se necesitan para ello materiales que resistan al calor, que no se hiendan, ni abran ni se fundan; por lo cual se usan ciertas piedras ó tierras areniscas ensayadas á este fin en pequeño ó en grande; pero mas generalmente

se hacen con unos ladrillos de arcilla refractaria, es decir que no contenga cal ni óxidos metálicos, la que despues de haberla calcinado un poco, se mezcla con un tercio á lo menos de ladrillos viejos refractarios y no vitrificados, asegurándose que los mejores son los que se hacen en moldes de hierro colado y compriméndolos por medio de un moton (1).

(1) La condicion mas esencial en las tierras con que se hagan los ladrillos de estos hornos ha de ser que, en lo posible, no tengan mas que sílice y alúmina.

Se denomina *Moton*, una máquina compuesta principalmente de un mazo de hierro colado, ó de madera fuerte guarnecido de aros de hierro, que puede subir y bajar verticalmente, para lo cual tiene dos pequeños brazos ó muñones que entran en las ranuras hechas en dos pies derechos, y que impiden que el mazo tome otra direccion que la conveniente : los pies derechos estan sostenidos por soleras y largueros, y cuando el peso del mazo es considerable ó que se quiere obtener una gran cantidad de *fuerza viva*, para lo que es preciso elevarle á una altura mas ó menos considerable segun la masa de mazo, se emplean diversas combinaciones mecánicas que no es del caso indicar. N. T.

Como el calórico tiende siempre á separar y destruir los materiales de un horno, es preciso para que tengan la resistencia necesaria, sugetarlos por diversas partes con barras y fajas de hierro, que se presten á las variaciones causadas en las dimensiones de los hornos por las diferentes alteraciones de temperatura. En estos y principalmente en sus cimientos, se ha de evitar con cuidado la humedad, y todo lo que la pueda originar, porque la de las paredes enfria los hogares y los inutiliza, ó á lo menos causa un consumo inútil de combustible; ademas el agua que se evapora las penetra y destruye, siendo uno de los mejores medios de evitar estos inconvenientes hacer, en la base de los hornos, conductos embovedados por donde circule el aire, pudiendo principalmente salir por ellos el vapor del agua; por cuya razon casi todos los hornos de reverbero se construyen sobre bóvedas. Por lo mismo en las paredes muy espesas que rodean la camisa de los hornos altos de hierro, se hacian conductos ó respiraderos con tubos de hierro para la salida de los vapores del agua; pero ya se ha abandonado esta práctica y se sigue como

una máxima general la de no usar los hornos nuevos hasta que esten muy secos, y la de calentarlos poco á poco y con cuidado cuando hace tiempo que no se han usado.

Se ha advertido que todos los óxidos metálicos asi como ciertas tierras corroen y destruyen las paredes de algunos hornos, lo que se procura precaver, escogiendo materiales de los menos fusibles renovándolos cuando estan ya casi destruidos, ó con una argamasa de polvo de carbon mezclado con arcilla algo húmeda, para que se pueda amasar bien y dar á la mezcla la forma que se quiere. El carbon es infusible y casi indestructible cuando no está en contacto con el oxígeno libre ó combinado, y asi es como en plancheras encarbonadas, es decir, preparadas con la mezcla dicha, se recogen y conservan por muchas horas, el plomo, cobre, estaño y otros metales obtenidos por la fundicion de las venas. El buen éxito de los procederes metalúrgicos, como el de las empresas de esta clase, depende mucho de la buena eleccion de los hornos que mas convengan á los trabajos que se han de hacer en ellos, y principalmente de las buenas proporciones que se

den á su construccion, por lo cual han de tener formas y dimensiones diferentes, segun las operaciones á que se destinen, lo que se describirá cuando se trate de cada metal en particular, y ahora solo expondremos sus distintas calidades conforme á sus diversas especies.

Hay casos en que es necesario ó conveniente el mezclar las venas con los combustibles, y para esto se hacen hornos prismáticos mas ó menos prolongados en la direccion vertical, conocidos comunmente con el nombre de hornos altos, corvos ó de manga, etc., que son de corriente de aire forzada, y en ellos casi no se usa sino el carbon. Cuando no conviene ó no es necesario que este se mezcle con la vena, como sucede con el hierro y el carbon de piedra, entonces se sirve de la llama para dar fuego á las materias, colocándolas á este fin cerca del hogar y en un espacio muy pequeño, por lo cual se hacen los hornos de reverbero, llamados asi, porque el calórico se comunica á las masas no solo por el contacto inmediato de la llama, sino por la irradiacion que hay á la superficie interior de una bóveda que se calienta fuertemente, la que al principio se cons-

truiria sin duda para hacer que la llama y la corriente de aire caliente tocase la vena y materias puestas sobre el suelo. Estos hornos tienen la ventaja de ponerse en ellos los combustibles en su estado natural, de ver y observar constantemente el de las materias que se funden, y es fácil por consiguiente añadir las que se necesitan, mezclarlas, reunirlas ó separarlas de donde haya mas ó menos fuego; en fin, detener ó activar la operacion sin gran trabajo ni pérdida de tiempo, lo que no pueda hacerse en los hornos grandes donde la vena está mezclada con el combustible. No obstante la razon por la que son estos hornos acaso mas usados, es porque no necesitan fuelles y por consiguiente fuerza motriz; con lo cual no hay que hacerlos donde haya corrientes de agua, ni que costear caballos para los fuelles. En ellos como en todos los que se calientan con llama, se sabe que la circulacion del aire á traves del combustible se determina por una chimenéa mas ó menos alta que como se dice comunmente tira mas ó menos, y adonde el aire muy caliente y ralo sube en razon de la diferencia de su peso específico comparado

con el del aire exterior y la altura de la columna de aire dilatado.

Se ha de tener presente que hay casos en que las materias no han de estar en contacto con la llama y el aire, para lo cual se han de encerrar en crisoles mas ó menos grandes que se calientan exteriormente en un horno proporcionado al objeto; para lo cual, ó se ponen sobre un poyito hecho dentro del horno si se les ha de caldear á la llama como se hace en los hornos de vidrio, ó se caldean por debajo como se hace con los cajones de cementar el hierro. En fin, en las funderías de cobre, bronce, acero fundido y otras en que se usa el carbon, se pone el crisol sobre una reja en medio del fuego; pero su hondon debe asentar en un cilindro de tierra refractaria del mismo diámetro y levantado de algunas pulgadas, para que el aire frio que atraviese la reja no le enfrie demasiado y le haga estallar, y asi es cómo se caldean los crisoles pequeños cuando se ensayan venas por la via seca. Daremos algunos pormenores acerca de estas dos primeras especies de hornos.

De los hornos en que se mezclan las materias con los combustibles.

Indicando las propiedades de estos hornos hemos dicho que se les daba aire por medio de fuelles y que comunmente en ellos solo se usaba el carbon; pero esto no excluye el uso de la leña partida en pedazos pequeños como se ha probado en Suecia con los hornos altos de hierro. Su interior es una concavidad ó hueco prismático mas ó menos regular y cuyo eje es vertical; son en una palabra estos hornos una especie de pozos que forman, ó un prisma recto como es el de los hornos de manga, ó un conjunto de pirámides ó conos, como son los hornos altos de hierro, aunque algunos son muy bajos como los de las herrerías, ó los del proceder á la catalana que se usan para fundir venas ferruginosas, los *escoceses* para el plomo y algunos otros (1). Por la boca de la parte su-

(1) La lámina III fig. 1, 2, 3 que representa el corte y perfil de los hornos altos, y la advertencia que concluye esta descripcion, facilitarán y aclararán la inteligencia de lo que expone el autor en este punto.

perior, se introduce la vena con el combustible, y por la inferior hay otra boca mas ó menos grande por donde se saca el producto de la fundicion, y de este modo lo que se mete en estos hornos y que no se evapora ó volatiliza

B. Cimientos.

C. Paredes del horno, que son de ladrillo ó piedra.

D. Muros del horno.

E. Arena, escorias ó polvo de carbon con que se llena el espacio comprendido entre las paredes C del horno y los muros D.

F. Muros de la boca superior del horno.

x. Canalejas de evaporacion abiertas en la cantería B para dar salida á la humedad de las paredes y de los cimientos.

n. Placa de hierro colado que cubre las canalejas inferiores de evaporacion.

G. Interior del horno que representa dos conos truncados sobrepuestos por sus bases, que se llama *vaso*.

H. Boca del horno.

I. Crisol en que se reune el hierro colado.

p. Piedra que sirve de fondo al crisol llamada *reposadero*.

q. Capa de arena que hay entre la placa de hierro n y el reposadero.

sale de ellos al estado líquido, corriendo desde la parte superior á la inferior. Es de notar por lo tanto que una de sus propiedades es la de que cuando su fundicion está en plena actividad, hay en su interior un movimiento de descension casi uniforme, y cuando este se detiene ó que las materias no bajan, es porque no se funden, lo que se quiere dar á entender diciendo que el horno se atasca, y que

r. Abertura que se destapa cuando se quiere extraer el hierro del horno.

s. Placa inclinada de hierro colado por la cual salen las escorias.

L. Barrote de hierro ó bóveda de piedra que sostiene la cantería construida encima de la abertura por donde salen las escorias.

x. Abertura por donde salen las escorias que se escurren por el plano inclinado.

N. Tobéra: especie de embudo revestido de hierro ó cobre en que entra el conducto que comunica con los fuelles, y que está colocado en el espesor de las paredes del horno para dirigir sobre las materias acumuladas allí el viento de los fuelles.

O. Embrasura de la tobéra.

se procura remediar ó aumentando el fuego ó añadiendo fundentes. Pero cuando esto no es suficiente, es preciso suspender la operacion y demoler el horno para sacar las materias detenidas, esperando á que se componga para volver á empezar aquella en

P. Embrasura por donde se saca el hierro fundido.

Las dos especies de hornos usados para fundir las venas de hierro, tienen sus ventajas é inconvenientes. Los hornos altos son mas costosos, pero puede fundirse en ellos toda especie de venas y mayor cantidad en menos espacio; de suerte que tienen gran cuenta en los paises en que se consume mucho hierro colado. Necesitan menos caudal de agua y se gasta en ellos menos carbon pudiendo servirse del de piedra.

Los hornos á la catalana son menos costosos y sirven para venas ricas, ó de fácil fusion, en cuyo caso se obtiene el hierro dúctil á la primera fundicion y en poco tiempo; por cuya razon no está bien averiguado si ocasionan mas gastos que los altos; pero no puede consumirse en ellos *carbon de piedra*, y exigen mas agua. Es pues de creer que en esto las ventajas ó inconvenientes dependen de circunstancias ó condiciones locales.

lo que se pierde mas ó menos tiempo y dinero.

Si se quisiere reconocer y observar todos los fenómenos y ocurrencias interiores de un horno, se ha de considerar que las materias sólidas cargadas á su parte superior, toman un movimiento descendente en razon de la diminucion sucesiva y pronta del carbon disuelto por el aire atmosférico, al mismo tiempo que este y las sustancias volátiles tienen un movimiento ascendente ó de abajo á arriba mucho mas rápido. Hemos dicho que las materias sólidas no tenian un movimiento uniforme, es decir, que en rigor no se hacia por capas horizontales, porque en este resultado influia la diferencia de pesos específicos; pero se ha de contar ademas con ciertas diferencias que dan las sustancias que se van fundiendo, mientras que otras están aun al estado sólido, y con las que dan de sí las diversas materias fundidas segun el grado de fluidez de que son susceptibles, su adherencia á los cuerpos sólidos que encuentran, y sus pesos específicos. Estas sustancias líquidas caen y se filtran gota á gota al traves de las sólidas, y es como se con-

cibe el modo de reducirse los óxidos al estado de metales en muchos casos. Por otra parte los gases y vapores que de abajo á arriba atraviesan las mismas columnas sólidas, originan tambien en ellas cambios químicos como oxidaciones y disoluciones. Esto manifiesta que en un horno elevado se verifican efectos análogos aunque mas complicados ó múltiplos que los que se advierten en la columna ideada por el profesor Clement, en la que, los gases que se desprenden ó introducen por la base corren toda la columna atravesando por entre las materias colocadas en ella.

Si la operacion del horno se continúa de un modo regular, la carga ó vena y combustible se introducen á intérvalos de tiempo casi iguales y lo mismo se verifica con la extraccion de las materias. Ya hemos dicho que estos hornos tienen dos bocas ó troneras principales, una en la parte superior por donde se cargan, y otra en la inferior por donde se sacan las materias líquidas; pero hay una tercera por donde se introduce el aire, que es el *alcribis* ú orificio en que entra el cañon de los fuelles; y asi como en algunos hornos hay va-

rias bocas de alcribis ó tobéra, puede haberlas también para sacar las materias fundidas. El parage adonde han de estar las de tobéra se determina por la necesidad de conservar suficientemente calientes todas las partes del horno, y de tener en la inferior un sitio de fuego fuerte y al abrigo de la accion oxigenante del aire. Uno y otro fin se consiguen colocando la tobéra un poco mas arriba que el suelo del horno, es decir, á algunas pulgadas en los de poca elevacion y á uno ó dos pies á lo mas en los mas altos. La boca de la tobéra se hace comunmente con un tubo de tierra ó de metal, que se avanza mas ó menos en el interior del horno para llevar alli el aire, lo que se hace en algunos, tales como los fogones de forja; pero en los hornos grandes donde hay gran fuego, como los de fundir óxidos de plomo, cobre, etc., estos tubos ó cañones no salen del interior de la pared porque se fundirian; en cuyo caso se suple el largo de las tobéras aprovechándose de las materias fundidas que continuamente se amontonan junto á su boca, que como la corriente de aire las enfria, acaba por consolidarlas formando una especie de

tubo ó cilindro hueco llamado *trompa*, por el que se puede introducir el viento hasta el interior del horno, lo que es ventajoso y se procura hacer en los hornos de *manga* donde se funden venas de plomo ó cobre; pero se impide en los altos de hierro. Los cañones de los fuelles que comunmente son dos, se reunen en la tobéra que por eso es cónica, y su pequeña boca ó trompa que está siempre vuelta al interior del horno, nunca tiene mas de 2 á 3 pulgadas de diámetro: algunas veces se la da cierta *inclinacion* ó *depresion* respecto al plano horizontal, es decir, sobre ó debajo de este plano, y otras una *declinacion*, ó lo que es lo mismo se procura que su direccion forme un ángulo que no siempre es recto, con la pared interior de donde sale. Es fácil concebir que la direccion de la tobéra influye mucho en el suceso de los trabajos, porque su colocacion determina el sitio de mayor fuego en los hornos, y haciéndola entrar ó levantándola mas ó menos se aumenta ó disminuye el calor en el crisol. No puede determinarse con una precision geométrica el sitio de mas calórico en un horno; pero sin duda debe ser aquel en que la com-

bustion sea mas rápida, lo que sucede un poco mas arriba de la tobéra, porque el aire inmediatamente que sale de ella tiende á elevarse, tanto por su dilatacion como por el movimiento ascendente que toman todas las sustancias aeriformes que hay en el horno. En virtud de este movimiento, es preciso que el aire bañe el suelo del horno para que ascendiendo desde él, caliente sus partes superiores y prepare las materias á fundirse, de modo que cuando lleguen al sitio de mas calor tengan una temperatura casi igual y no disminuyan la que hay allí, con lo cual ellas y el combustible adquirirán la mayor cantidad de calórico, sin que haya habido muchas alteraciones en los movimientos ó accion de este fluido. Por lo que acabamos de decir se ve que la combustion y sus diversos efectos, como la reduccion de los óxidos metálicos, la combinacion y vitrificacion de las tierras y la separacion de los metales, se hacen confusamente y en un mismo espacio; por lo cual la fundicion de venas amontonadas con el carbon en los hornos, es una operacion tanto mas complicada cuanto que mezclados todos estos ma-

teriales, ya no se puede obrar inmediatamente sobre ellos, ni juzgar del estado de la operacion sino por señales inciertas y casi conjeturales; asi es que el arte del fundidor es muy dificil, y solo la práctica, una gran atencion y un trabajo penoso ponen en el caso de evitar los accidentes graves. El fundidor debe percibir por indicios muy pequeños los malos resultados que se preparan, y remediarlos desmenuzando sus causas en un momento en que un ojo menos ejercitado nada advertiria. Estos indicios, que no nos detendremos á enumerar, son el oscurecerse la tobéra, por cuyo orificio se percibe una luz mas ó menos brillante, el espesor ó fluidez demasiado grandes de las natas ó escorias, su pinta, la de la llama que sale del horno; enfin, el ruido que hace el aire atravesando las materias, y el que resulta á menudo de la caida de estas en el interior de los hornos, cuando no bajan con regularidad sino de golpe. El fundidor por medio de un hurgon ó vara puntiaguda de hierro, llamada *espeton*, sondéa las partes inferiores de la fundicion, y quita de las paredes del horno los pedazos que se hayan apegado á el-

el crisol, ó lo que suele llamarse *pileta*, en que se reunen las materias fundidas, está en la parte anterior del horno, de modo que se puede decir que está fuera del cuerpo de este, pero se encaja en su capa encarbonada, en la que hay un conducto inclinado por donde corren á la pileta las materias fundidas; y en seguida hay un segundo receptáculo llamado *planchera* en comunicacion con el anterior y que suele llegar hasta sus bordes. La delantera del horno está cerrada en su parte inferior con ladrillos ó piedras, de modo que se pueda demoler fácilmente cuando se detiene ó acaba la fundicion y volver á componer cuando se necesite, lo que comunmente solo se dilata una semana. La barriga de los hornos curvos baja hasta la capa ó revestimiento encarbonado, dejando un hueco ó agujero para el conducto por donde corre el metal fundido, por el cual salen durante la operacion la luz y la llama que sirven tambien de guías en la práctica.

La primera *pileta* anterior del horno recibiendo el metal fundido que baja del *reposadero* por la canal, se llena pronto de escorias y metal, las que se van quitando con un *espu-*

mador ó *barrejon* ligero; inmediatamente que se consolidan enfriándose á la superficie del baño, y cuando se percibe que este está casi lleno de sustancias metálicas se agujera ó destapa un canalito encarbonado, por donde baja el metal á la *planchera*, que generalmente se hace en el suelo de las funderías para recoger allí lo que se funde. Las hay en que se hacen dos piletas y por consiguiente dos conductos ó canales, estando el uno tapado mientras el metal corre por el otro, y tambien se hacen dos plancheras con el fin de que no se detenga la fundicion mientras que corre al suelo.

La elevacion de estos hornos no pasa de 6 1/2 á 8 pies, y si es mayor ya no pueden cargarse por delante, y se llaman medio altos que suelen ser hasta de 14 pies y mas.

En el artículo de cada metal indicaremos la especie de hornos que se usa para fundir sus venas, y no trataremos de los hornos altos porque en realidad no se diferencian de los anteriores sino en que tienen una elevacion de 72 pies, aunque comunmente es menor y se les ponen varias toberas. Así se hace en las fundiciones de Alemania años ha, principalmente en todos

los que se usa el cok que suelen tener dos y tres tobéras; pero tambien hay hornos altos de hierro que solo tienen una, lo mismo que los de fundir plomo, cobre, etc.

Las generalidades expuestas se aplican igualmente á los hornos escoceses y fogones de herrería, por lo cual nada diremos de ello.

De los hornos de reverbero.

Aunque en estos hornos la vena no está en un vaso cerrado, tampóco está en contacto con el combustible, y solo recibe la accion de la llama, de la corriente rápida del aire y del humo que atraviesa el aparato, el cual se compone de tres partes distintas: el *hogar* donde se hace fuego, el *laboratorio* donde se ponen las materias que se han de fundir ó calentar, y la *chimenéa* que ha de proporcionar en el horno la corriente de aire necesaria (1).

En el suelo del hogar se coloca una reja en que ha de estar el combustible, y que tendrá

(1) Descripcion del horno de reverbero que se añade á la obra por la misma razon que se añadió la de los hornos altos.

una superficie proporcionada al grado y cantitad de calórico que se quiera reunir; por lo que entre la reja, la capacidad interior del horno y el corte horizontal de la chimenéa hay proporciones determinadas, á que es preciso atenerse si se quiere lograr buen resultado. Segun Kars-

Lám. IV, fig. 1, 2. Plan y corte de un horno de reverbero.

A. Laboratorio del horno llamado *suelo* donde se colocan las materias para calcinarlas ó fundirlas.

B. Bóveda rebajada de ladrillos que cubre el horno por la parte superior.

C. Hogar.

m. Reja de hierro sobre la cual se pone el combustible.

n. Puente de ladrillos que separa el hogar de las materias colocadas sobre el suelo.

D. Chimenéa.

E Abertura lateral por la cual se introducen en el horno las materias que se hayan de calcinar.

F. Abertura lateral que sirve para colocar el combustible sobre la reja.

G. Puerta situada en la extremidad del horno, por la que se sacan las materias que hay en su interior y por donde se introduce un *barrejon* ó *batidera* para revolver las colocadas en el suelo.

ten el area del corte de la chimenéa no ha de ser mas de los dos quintos de la superficie del suelo enrejado del horno para poderle dar el mayor fuego, y si no es necesaria una temperatura muy elevada, la superficie sera menor. La separacion de las barras de la reja se arreglará á la clase y condicion del combustible, porque estarán mas separadas quemando leña que carbon de piedra, y mas para este en trozos gruesos que en menudos. El espacio que hay encima de la reja donde ha de estar el combustible, ha de ser mayor para la leña que es mas voluminosa que el carbon de piedra y que levanta mas la llama; por cuya razon cuando se quema este carbon la reja estará mas cerca de la bóveda del horno, aunque lo estará mas la del seco que la del bituminoso, porque se ha de cuidar que la llama entre en el laboratorio en plena combustion y sin mucho humo. El combustible se mète en el hogar por una puerta que se ha de cerrar bien y abrir pocas veces para que no entre el aire que enfria mucho los hornos, por lo cual lo mejor es hacerla con una plancha de hierro colado sugeta entre unas correderas del mismo metal. La reja solo

se cargará hasta cierta altura, que en el carbon de piedra no pasará de 2 1/2 á 3 pulgadas para esto se usa á veces de una *tolva* casi horizontal que se pone en la boca de carga, de modo que el combustible deslizándose fácilmente en la reja y tapando tambien la boca, se vaya calentando y preparando como conviene para quemarse (1).

Debajo de la reja está el cenicero, que sirve no solo para recibir las cenizas y trozos de combustible que caen por entre las barras sin quemarse, sino para que pase por allí el aire que ha de mantener y activar el fuego; por lo cual los ceniceros y sus bocas son de grandes dimensiones, y estas se hacen en bóveda de una elevacion de 6 á 8 pulgadas, cuidando que estén hácia el norte ó levante para tener aire fresco que se les da á veces segun el lado por donde corre el viento.

(1) Gradúase que de cinco partes de la superficie de una reja tres se han de ocupar por sus barras, y las dos restantes han de quedar vacías para la circulacion del aire y fomentar el fuego del combustible. Karsten, Metal. §. 147.

El *laboratorio* se compone interiormente del *suelo ó area*, del *puente ó altar* y de la *bóveda ó reverbero*.

El suelo es la superficie plana, curva, horizontal ó inclinada en que se ponen las materias que se han de caldear ó fundir, y se hace con arena ó cuarzo refractario ó un encarbonado que es una argamasa de greda y carbon; á veces al lado opuesto del hogar se hace un crisol ó pileta, que comunica por la parte de afuera con uno ó muchos baños ó receptáculos por medio de conductos ó canales que se abren y cierran mediante un tapon de piedra ó arcilla. El *puente* ó *altar* es una pared de algunas pulgadas de altura, que separa el hogar del laboratorio, y sirve para que no caigan en aquel las materias y que no penetre el aire demasiado pronto adonde se caldean y funden.

En fin, la bóveda que sirve para calentar las materias por medio de la llama, haciendo que refleje sobre ellas mucho calórico radiante, tiene una convexidad muy rebajada, pero que deja mas ó menos hueco entre su superficie interior y el suelo, segun el espacio que se

necesita para las operaciones ó el paso de un volúmen mas ó menos considerable de aire caliente. No es tan importante como se ha creido hasta aquí la convexidad de esta bóveda; basta para lograr una alta temperatura que se sostenga fácilmente y que no tenga vacíos ó huecos inútiles. Esta, el puente y el mazizo en que está el quarzo del suelo, se construyen con ladrillos refractarios, aunque algunas veces se hacen con ladrillos secos, y sin cocer, que se juntan con una argamasa de arcilla desleida, como se hace en los hornos de vidrio. El laboratorio y la bóveda que le cubre deben hacerse en diminucion desde el hogar hasta le chimenéa, y en ninguna parte deben ser mas anchos que él, arreglando las demas proporciones y dimensiones por las de los hornos de la misma especie que haya establecidos para los mismos usos, y que produzcan buenos efectos. El sitio del mayor calor está cerca del puente, y allí se colocan las materias refractarias que se quieren fundir, y para revolverlas como para cargar el suelo ó hacer cualquiera otra operacion, hay en el cuerpo del horno una ó varias puertas ó troneras; siendo de sentir

que, para producir el calor mas intenso en el horno, hay que tenerlas perfectamente cerradas y aun embarradas con arcilla. El horno puede estar hecho por afuera con ladrillos comunes ó en piedra labrada; pero en todo caso, para que sea sólido y de duracion, se ha de revestir y asegurar con una armazon de barras de hierro enlazadas.

La *chimenéa* es una parte muy importante de los hornos de reverbero porque de ella depende el tiro y la actividad del fuego, y asi se ha de dar mucha atencion á sus dimensiones, que han de ser proporcionadas á las del hogar y laboratorio; pero interiormente las principales son la superficie de su corte horizontal y su elevacion total. Segun la temperatura media del aire en la chimenéa, se puede calcular fácilmente, aunque no con la mayor exactitud, qué cantitad de aire exterior entrará por la reja del hogar en un tiempo dado; pues se sabe que la fuerza que le impele es la diferencia que hay entre una columna de aire á la temperatura de la atmósfera, y la columna de humo ó aire dilatado contenido ó encerrado en la chimenéa, en el supuesto que las dos

sean de la misma altura que esta. El corte y elevacion de la chimenéa deben ser proporcionados á la superficie de la reja del hogar, atendiendo á la distancia de las barras y calidad del combustible, aunque no puede darse en esto regla fija; pero para dirigir las operaciones del horno aumentando ó disminuyendo entre ciertos límites su calor, se hace en la chimenéa un registro con que se aumenta ó disminuye el corte de su cañon, y por consiguiente el tiro del horno, por cuyo sencillo medio se consigue un efecto tan pronto como seguro.

Se ha de tener entendido que la chimenéa en los hornos de reverbero reemplaza los fuelles usados en los de corriente de aire comprimido, y aunque esto parezca mas fácil y menos costoso, no deja de causar algun gasto; porque se pierde una cantidad considerable de calórico que llevan consigo el aire y los vapores al desprenderse del laboratorio, teniendo que establecer una corriente rápida en la chimenéa y que conservarlos en ella á una temperatura muy elevada. Ha habido ocasiones en que, no necesitándose un tiro muy fuerte, se ha usado ventajosamente una chi-

menéa muy alta para hacer pasar la llama y los gases por un segundo laboratorio semejante al primero, que de este modo se calentaba con el mismo combustible aunque mas débilmente. Estas disposiciones ingeniosas y económicas han servido principalmente para tostar las venas y para caldear los metales y trabajarlos al estado sólido.

Bufon intentó sin gran suceso el reemplazar los fuelles de un horno alto de hierro con una chimenéa que subia de la boca del horno, y adaptó ademas á la tobera un cono aspirante de gran dimension; pero los resultados no fueron satisfactorios.

Algunas veces los hornos no tienen por decirlo así chimenéa, como sucede en los de fundir el bronce de cañones, y el humo sale por una boca que hay á la parte superior. Si la chimenéa ha de tener mucha elevacion, se ha de hacer al costado, y comunicará con el horno por medio de un canal inclinado ó rampa. La elevacion mas comun de las chimenéas de los hornos de reverbero es de 8 á 10 varas aunque hay algunas de 17 á 20. Cuando estos hornos se han construido con las proporciones con-

venientes para hacer en ellos gran fuego, pueden tener en el suelo una temperatura de 150° y aun hasta de 160° del pirómetro de Wedgvood, que es á la que empieza á fundirse el hierro dulce, aunque comunmente es mucho menor.

Hemos dicho que era necesario dar á los hornos mucho mas aire y aun 2 ó 3 veces mas del que exige una combustion completa, á causa de que él que pasa por ellos no se descompone enteramente, y no se desprende todo su oxígeno, importando el considerar que de esto resulta que la corriente de llama y aire mas ó menos quemado, que pasa en los hornos de reverbero desde el hogar al laboratorio, oxida mas ó menos las materias que se funden. Puede muy bien suceder que alguna parte del combustible sin quemar que caiga en las materias que estan en el suelo, las desoxide parcialmente, cuyo efecto no puede ser duradero, y el mas comun es que las corrientes de viento oxiden los metales ó quemen el azufre, para lo cual se abren á menudo las puertas que renuevan el aire del laboratorio.

Mas adelante hablaremos de los hornos para tostar los minerales, y no se mencionan los de

hacer el vidrio, la cal y los de cementacion, porque esto corresponde á la descripcion de ciertas artes.

Se ha creido conveniente establecer por el cálculo la relacion y proporciones que debe haber en la construccion y dimensiones de las chimenéas, no solo por dar mas desenvolvimiento al principio que este autor y otros no hacen mas que enunciar, sino porque puede ser de suma ventaja en la práctica.

Es evidente que cuando se enciende fuego debajo de una chimenéa, el aire de su cañon se dilata, y siendo menor su densidad que la del aire exterior, tiende á elevarse en la atmósfera como lo exige el equilibrio de los fluidos; pero á medida y en la proporcion que sale de la chimenéa, el aire exterior entra por la parte inferior y se dilata del mismo modo y por la misma razon, originándose asi en los hogares una corriente continua de aire mas ó menos rápida, segun las dimensiones de altura, de seccion de la chimenéa y la temperatura del interior de su cañon. De esto se infiere que para dirigir bien la corriente de aire y lograr el resultado que se desea, es preciso tener cerrada

la puerta del hogar, y que la del cenicero sea bastante grande para que pueda entrar el aire necesario y que pasando por entre los intersticios del combustible, dé á este la cantidad de oxígeno que necesite su completa combustion. Para determinar pues la velocidad del aire al salir por el orificio superior de la chimenéa, supongamos por ahora que la composicion del que sale sea la misma que la del que entra, y como esta suposicion no es cierta, manifestarémos despues el modo de corregir el pequeño érror que pudiera provenir de la fórmula. Es evidente que si suponemos la columna dilatada de aire interior, y cuya densidad es por consiguiente menor que la del exterior, reducida á una de densidad igual á la de este, se tendrán dos columnas de aire; la exterior, cuya altura será igual á la de la chimenéa y otra interior de una necesariamente menor, y su diferencia introducida en la fórmula conocida de dinámica que da *la velocidad correspondiente á una altura dada*, determinará la que se desea conocer.

Esta fórmula es $v=\sqrt{2gh}$, en la cual g es una cantidad conocida que representa el doble del espacio, que corre un cuerpo en el primer

segundo de su caida, y h la altura dada. Si representamos por H la de la chimenéa que es la de la columna exterior y por H' la de la interior, se tendrá $h = H - H'$; llamando D la densidad del aire exterior y D' la del interior se deducirá, $H' = H\frac{D'}{D}$ y siendo las densidades recíprocas á los volúmenes, si se representa por v uno cualquiera arbitrario correspondiente á la densidad D y por v' lo que llega á ser este mismo volúmen cuando su densidad es D', se tendrá, $H' = H\frac{v}{v'}$; y por consiguiente $h = H\left(1 - \frac{v}{v'}\right)$ que sustituyéndolo en la frmula (1), se deducirá, $v = \sqrt{2gH\left(1 - \frac{v}{v'}\right)}$ (2). Esta fórmula da la velocidad del aire al salir de la chimenéa cuando las cantidades, H, v y v' son conocidas; pero para simplificarla, la haremos depender inmediatamente de las temperaturas del cañon de la chimenéa y del aire exterior. Para esto basta observar que si representamos por u el volúmen v á la temperatura o°, por $\frac{1}{m}$ una cantidad constante que exprese la dilatacion de

los gases por cada grado del termómetro centigrado de su volúmen á o°, cuyo valor daremos despues, y por t la temperatura del ambiente, se tendrá $v = u + t \frac{u}{m} = u \left(\frac{m+t}{m}\right)$; y si se observa que los volúmenes v y v′ son iguales á la temperatura o°, se deducirá, representando por t′ la del interior de la chimenéa, $v' = u \left(\frac{m+t'}{m}\right)$: suponiendo para mayor sencillez $u = 1$ y sustituyendo en la fórmula (2) estos valores, se deducirá por último,

$$v = \sqrt{\frac{2gH(t'-t)}{m+t'}} \quad (3)$$

En esta fórmula las cantidades g y m son constantes y conocidas, y H, t′, t que son las variables lo son tambien; por consiguiente no es dificil su aplicacion á los diferentes casos particulares, pues que estos datos se determinan fácilmente en todos ellos; y en efecto, H es conocida cuando se trata de reducir las dimensiones de una chimenéa hecha, y arbitraria, entre ciertos límites, si se ha de hacer de nuevo, pues depende de circunstancias locales; y de su

mayor ó menor costo, en cuyo caso, la fórmula sirve como veremos despues, para determinar el area de la seccion de la chimenéa. En cuanto á la temperatura t' es fácil medirla respecto á una chimenéa hecha; pero si se ha de conocer un valor aproximativo para poderla construir, habrá que atenerse al que se gradúe en las de los hornos que sirven al mismo fin (1).

Conocida la velocidad del aire al salir de la chimenéa, se obtendrá fácilmente el area de su seccion, porque como la cantidad del que debe pasar por el hogar en un tiempo dado es conocida, pues que es la que contiene el volúmen de oxígeno necesario para que la combustion sea completa, deberá verificarse que el volúmen de aire sea igual al area de la seccion de la chimenéa multiplicada por la velocidad, durante el tiempo dado, del aire que sale por la parte superior de aquella; esto dará una

(1) El numerador de la fórmula (3) manifiesta evidentemente que, tomando por la temperatura t la máxima del verano, la diminucion durante el invierno tiende á aumentar la velocidad, suponiendo que t' sea constante ó sensiblemente tal.

ecuacion, que determinará el valor del área, y en efecto, representando por M el volúmen de aire necesario, por segundo, para la combustion, y por A el area de la seccion (1), se tendrá,

$$A\sqrt{\frac{2g\,H\,(t'-t)}{m+t'}}=M \text{ de donde, } A=M\sqrt{\frac{m+t'}{2g\,H\,(t'-t)}}$$

Mas adelante diremos de que modo se determina rigorosamente el volumen M; pero es preciso observar desde ahora que la gran velocidad del aire que atraviesa un hogar, á causa de la actividad del tiro que hay en este, se opone á que permanezcan en él las mismas moléculas de aire, de lo que resulta que una parte considerable de este fluido sale de los hornos sin haber perdido todo su oxígeno, y este efecto es tanto mayor cuanto la combustion es mas rápida. Esto basta para que se entrevea que el volúmen de aire determinado rigorosamente

(1) Es inútil advertir que por esta area debe entenderse la que corresponde á la mas pequeña de las secciones de la chimenea en el caso en que esta sea prismática.

como despues indicaremos, seria insuficiente, y efectivamente la práctica ha mostrado que para lograr una combustion muy eficaz, es preciso que la cantidad de aire que pase por un hogar sea 3 veces mayor que la que daria el cálculo rigoroso.

Conviene ademas observar que para deducir la fórmula (3), hemos supuesto que las densidades son recíprocas á los volúmenes, y esto no es cierto sino en la hipótesis de que procedemos; que la composicion del aire que entra por el cenicero es la misma que la del que sale por la chimenéa; pero esto no es asi, porque la mayor parte del oxígeno es absorvida por la combustion y lo restante que es el azoe, el gaz ácido carbónico y los demas productos volátiles de la combustion, es lo que sale por la chimenéa en forma de humo, y su densidad no es por consiguiente la misma que la que corresponderia al aire dilatado segun la temperatura del interior del cañon de la chimenéa y que hemos empleado. Se infiere pues que, siendo menor esta que la verdadera, la columna interior á que hemos supuesto reducido el aire dilatado de la chimenéa, es un poco mayor que la de que he-

mos hecho uso; por consiguiente la velocidad hallada es tambien mayor que la que realmente tiene el humo cuando sale de la chimenéa, y por lo tanto la cantidad de aire que pasa efectivamente es menor que la que se deduce de la fórmula. Fácilmente se conoce que habria sido muy dificil ó imposible haber graduado, para todas las aplicaciones, la composicion del humo que puede desprenderse de las chimenéas (1), y lo que importa sobre todo en aplicaciones de esta naturaleza, es aproximarse á lo mas ventajoso y económico; como por otra parte ya hemos manifestado que es preciso tomar 3 veces la cantidad de aire deducida por el cálculo, el pequeño error que pudiera provenir de la fórmula, queda compensado en esta operacion, y al mismo tiempo es conveniente para atenuar el exceso, que efectivamente hay, tomando 3

(1) He aqui la resolucion del problema en el caso de que el aire que sale por la chimenéa tenga una composicion cualquiera. Sea t la temperatura del aire exterior como anteriormente, $\delta t'$ lo que deberia aumentarse ó disminuirse la temperatura t' para que el aire atmosférico dilatado llegase á tener la misma densidad que el

veces la cantidad de aire deducida de un cálculo rigoroso y necesaria para quemar completamente el combustible.

Antes de pasar adelante daremos los valores de las dos constantes m y g que entran en la fórmula (3) : la primera que como hemos indicado representa el denominador de la dilatacion de los gases, de su volúmen á o°, por grado del termómetro centigrado, es el denominador de la fraccion $\frac{1}{266,67}$ segun los S.res Dalton y Gay-Lussac; la segunda es una cantidad variable para los diferentes paises, pero como su variacion no influye sensiblemente en los resultados de la fórmula, puede tomarse para las

humo que se desprende de la chimenéa; se deducirá sin dificultad,

$$v = \sqrt{\frac{2gH(t' \pm \delta t' - t)}{m + t' \pm \delta t'}};$$

En los casos ordinarios $\delta t'$ es negativa; por consiguiente, comparando esta fórmula con la anterior, es fácil deducir que la correccion que hemos hecho, tiende á disminuir el valor de la velocidad, lo que efectivamente debe ser asi por la razon que ya hemos indicado.

aplicaciones=11, 72 varas, y por consiguiente 2g=23, 44 varas.

Hemos supuesto en todo lo que hemos dicho que la cantidad de aire necesaria para la combustion era conocida, y es preciso indicar de que manera se determina.

Un combustible necesita para quemarse completamente la de aire que contenga el volúmen de oxígeno necesario á este fin, el cual se determina para cada combustible segun su composicion química; y como se sabe la proporcion en que aquel gas entra en la composicion del aire, es fácil deducir el volúmen del que contiene el de oxígeno, necesario. Asi por ejemplo, 1 libra de carbon absorbe para quemarse 2,65 libras de oxígeno y esta cantidad la contiene un volúmen de aire de 6,908 varas cúbicas á 0°, ó de 7,22 á la temperatura de 12°, teniendo presente, como se ha observado, que en la práctica es preciso tomar tres veces lo deducido de este modo.

La determinacion de la cantidad de combustible necesaria en una operacion se calcula segun el valor calorífico de un peso dado del que se ha de quemar, teniendo presente que el máximo de los diversos valores caloríficos no

puede obtenerse sino en los *calorímetros* con las condiciones convenientes, y que ademas se pierde cierta cantidad de calórico al traves de las paredes y troneras de los hornos, y para establecer la corriente de aire que ha de quemar el combustible; por lo cual no se ha de atender solo al primer resultado del cálculo rigoroso, sino que se debe aumentar este convenientemente, duplicando la cantidad dada por el cálculo para el carbon de leña y tomando vez y media la deducida del mismo modo para el de piedra, segun ha enseñado la experiencia. La tabla siguiente podrá guiar en esta especie de cálculos.

COMBUSTIBLES.	VALORES CALORÍFICOS.
Cok puro.	7050
Carbon de piedra (mejor calidad).	7050
Carbon de piedra que da $\frac{1}{4}$ de ceniza.	5930
Leña seca.	3660
Idem húmeda conteniendo $\frac{1}{4}$ de agua.	2940

Estos valores caloríficos estan expresados en una *unidad calorímetra* que es preciso demos á conocer. Por término de comparacion se ha tomado el agua, y la unidad está expresada por la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de aquel líquido un grado del termómetro centigrado. Asi por ejemplo, para elevar una masa de agua de 80 libras á 80° se necesitará una cantidad de calor expresada por $80 \times 80^{\circ} = 6400$ unidades calorímetras, y para producirlo será necesaria una cantidad de leña, por ejemplo, representada teoricamente por $\frac{6400}{2940} = 2{,}18$ libras y segun la observacion anterior la cantidad realmente necesaria será 3,27 libras (1).

Por lo que hemos expuesto al principio se debe conocer que para mantener la corriente de aire necesaria en la combustion, es preciso que la temperatura del interior de la chimenéa sea bastante elevada, lo que ocasiona una pérdida considerable de calor que no es posible

(1) Hemos tomado por ejemplo el agua; pero es evidente que si se quisiese determinar la cantidad de combustible necesaria para una operacion de esta natu-

determinar exactamente, pero sin embargo puede conocerse un valor mínimo aproximativo de ella del modo siguiente: representemos por M la masa de aire necesaria para la combustion, por r la relacion de los calóricos específicos del agua y del aire, por T la temperatura de este al salir de la chimenéa, por t la del exterior, y por P la pérdida de calor; se deducirá sin dificultad,

$$P = \frac{M}{r}(T - t) \text{ en lo que, } r = \frac{1}{0,2663} = 3,755$$

Sea por ejemplo M = 600 libras de aire por hora,

raleza, que se hubiese de hacer con una sustancia distinta, habria que deducirla de la fórmula siguiente :

$$C = \frac{R\,M\,T}{V}.$$

En la cual. C = cantidad de combustible necesaria teoricamente.

R = relacion de los calóricos específicos de la sustancia que se empleé y del agua.

M = masa de la sustancia.

T = temperatura pedida.

V = valor calorífico del combustible.

$$T = 120^{\circ}$$

$$t = \quad 9^{\circ}$$

Resultará que el calor perdido será $\frac{600}{3.755}$ $(120^{\circ}-9^{\circ}) = 17736^{\circ}$, y como una libra de carbon da 7050°, resulta que el calor perdido es teoricamente el que darian $\frac{17736}{7050} = 2\frac{1}{2}$ libras de carbon de piedra ó de cok de buena calidad.

SEGUNDA SECCION.

De los fuelles.

Estas máquinas sirven para impeler el aire por entre los combustibles encerrados en los hornos, venciendo la resistencia que necesariamente oponen las materias acumuladas dentro de ellos. Todos los fuelles que hasta ahora se han imaginado comprimen el aire en un depósito, de donde sale con una velocidad correspondiente á la fuerza conque está comprimido, y en cantidad proporcionada al grandor del orificio ó boca por donde se ha de expeler; por lo que hay dos cosas que considerar respecto á los efectos de esta especie de máquinas: la cantidad de aire que pueden dar

en un tiempo dado, y la velocidad con que le impelen; debiendo observarse que éstos dos elementos no son independientes uno de otro y que se puede, entre ciertos límites y con la misma fuerza motriz, hacer entrar gran cantidad de aire con poca velocidad, ó un pequeño volúmen con una mayor; ó lo que es lo mismo, que siendo igual el volúmen de aire dado, puede hacérsele salir por un pequeño orificio con gran velocidad, ó por uno mayor con una necesariamente menor. Debiendo siempre procurar que las operaciones hechas en los hornos sean lo mas regulares que sea posible, se han de hacer concurrir á este fin todas las circunstancias que puedan influir en las fundiciones, siendo de las mas importantes la cantidad de aire y su velocidad; y por consiguiente, es necesario que los fuelles den una cantidad uniforme, aunque por otra parte se procure tener siempre algun medio particular, para variar segun convenga la velocidad de salida ó movimiento de proyeccion. Indicaremos al fin de este capítulo el mecanismo de los reguladores usados en las grandes máquinas, y el modo de medir la compresion ó fuerza elástica

del aire que es la que determina su velocidad al salir del receptáculo de los fuelles.

Todas las diferentes especies de estos se reducen á las que vamos á indicar: 1º. los *fuelles comunes*: 2º las *bombas impelentes* ó *fuelles de émbolo*: 3º los *fuelles hidráulicos*: 4º las *trombas* ó *fuelles de cascada*.

Los motores de estas máquinas cuando tienen partes movibles y en general que impelen el aire, varian segun las localidades y la potencia de las máquinas, pero son corrientes de agua, máquinas de vapor y las menos veces caballos.

A cada fuelle se adapta un cañon de madera que lleva el aire al horno, terminado por un tubo de metal algo cónico que entra en la *tobera* ó *alcribis*, de los que suele haber uno, dos ó mas. Los fundidores dan gran atencion al modo de dirigir los tubos de los fuelles, á las toberas, y á la distancia que hay entre su boca y la de aquellos.

De los fuelles comunes.

Los principios de construccion de los que se usan en las funderías son los mismos

que la de los domésticos, y su hechura es con corta diferencía la misma : los hay de cuero, pero el mayor número es de madera, y son simples ó dobles : los fuelles de cuero se emplean ya poco en razon de que son mas costosos y de menos duracion ; los de madera duran mas y pueden dárseles grandes dimensiones con menos coste. Estos se componen de dos arcas ó cajones piramidales (A, B fig. 1) colocados horizontalmente y entrando uno en otro : el inferior (b c) al cual está adaptado el cañon (c), está fijo y tiene en su fondo una válvula (s). El arca superior (a) es movible solamente ; cuando esta se eleva, el aire entra en el fuelle por la válvula (s), y cuando baja le comprime é impele por el orificio del cañon (c). Los bordes de las dos cajas se aplican exactamente unos contra otros por medío de los listones (d, f) bien colocados, y sostenidos siempre en contacto con los lados del area ó cajon fijo por los resortes (r). Una rueda hidráulica es la que ordinariamente mueve estos fuelles por medio de los gorrones ó levas (h), que apoyándose sucesivamente sobre las *manezuelas* (i) hacen bajar la parte superior del fuelle

y el brazo (k) de la palanca (kl) del cual está suspendido; igualmente el otro brazo (l) sube y baja el cajon superior del fuelle (a), y de este modo los dos fuelles colocados uno al lado del otro, abriéndose y cerrándose alternativamente dan un viento continuo y casi uniformemente.

Es fácil concebir, como el aire encerrado en el hueco de las dos cajas se comprime cuando baja la parte superior, y la razon por la que sale entonces por el orificio del cañon; pero como las dos cajas no pueden tocarse exactamente por sus fondos, queda siempre algun aire entre ellos que conserva el grado de compresion dado por la máquina hasta que se dilata cuando la caja superior se eleva. Este es un inconveniente y un grave defecto de las máquinas de esta hechura en que se pierde parte de la potencia del motor, al mismo tiempo que los roces que son muy grandes en estos fuelles contribuyen tambien á diminuir su efecto, y esto hace que sean preferibles los de émbolo ó impelentes.

De los fuelles de émbolo ó bombas impelentes.

La invencion de estas máquinas muy seme-

jantes á las bombas de compresion que se dan á conocer en física es muy reciente y son mejores que los antiguos fuelles usados hasta ahora en las funderías. Se componen de una caja cilíndrica ó prismática (A B) fig. 2, en la cual sube y baja un émbolo que tiene un diámetro igual al suyo, y comprimiendo el aire encerrado en la caja, le impele con fuerza por el cañon y le hace entrar en el horno. Para que no se pierda aire basta que el émbolo ajuste bien y que el cuerpo de bomba esté bien liso, y afin de evitar el inconveniente indicado en el artículo anterior, que consiste en comprimir inútilmente una porcion de aire que queda en la máquina, será preciso arreglar el movimiento del émbolo de manera que la base de este toque el fondo del cilindro ó caja en que se mueve; lo que es fácil, como lo será el poner en accion la máquina comunicando un vaiven alternativo vertical al ástil del émbolo. Por último, colocando válvulas convenientemente se puede hacer una máquina de doble efecto, es decir, que su émbolo al mismo tiempo que comprima el aire, le haga entrar en una parte de la capacidad interior del cuerpo de bomba, y que á

cada uno de sus movimientos alternativos esto se repita del mismo modo.

Una de las ventajas de estos fuelles es la de ocupar menos espacio que unos de madera que produzcan el mismo efecto. Se hacen de diferentes modos; de hierro fundido en cuyo caso el cuerpo de bomba es un cilindro, ó bien de madera y entónces aquel es un cajon cuadrado, que á veces se hace tambien con cuatro piedras de mármol pulido, pegadas convenientemente unas á otras. El émbolo puede forrarse de cuero ó ser como los que se emplean en las nuevas máquinas de vapor de Edwards.

De los fuelles hidráulicos.

Martin Friewald fué el primero que inventó una máquina de esta naturaleza (1), compuesta de dos cuvas ó cajas las cuales estaban suspendidas á las extremidades de un zigüeñal y vueltas cual dos campanas sobre el agua: cuando una de las cajas se elevaba el aire entraba en ella por una abertura, la que cerrándose por medio de una

(1) Transacciones filosóficas, año 1736.

válvula al principio del movimiento de descension de la caja, hacia que el aire se comprimiese en el interior de esta por la diminucion del espacio comprendido entre la caja y la superficie del agua del receptáculo; y este aire comprimido podia salir, abriendo otra válvula, y entrar en el cañon. La otra caja dispuesta del mismo modo tenia un movimiento igual pero alternativo con la que acabamos de describir. El ingenioso principio de esta máquina se ha aplicado de diversos modos, teniendo siempre la ventaja de evitar los grandes rozamientos que hay en los fuelles de madera y los de émbolo. Grignon describió en su obra sobre las fraguas, una máquina análoga que el habia hecho construir en Chatelandren, y Baader ha construido varias hace pocos años en diferentes fraguas de Alemania (1). En este pais se usa tambien una máquina llamada caja de agua, pequeña y portatil, que se emplea principalmente para airear las minas y facilitar los tra-

(1) Véase la descripcion en el tomo XXIX del diario de minas.

bajos de abrir los pozos y galerias Describiremos sucintamente una máquina de estas, que sirve para dar aire á un horno grande. (a b c d) fig. 3 es una especie de campana de hierro colado, de cobre ó de madera, que puede sumergirse en el espacio (e f g h i k) lleno de agua y elevarse alternativamente por medio de una fuerza motriz cualquiera: á medida que la campana se sumerge, el aire de su interior es expelido por la presion del agua, y pasa por un tubo (BB) al receptáculo ó regulador hidráulico, de donde se traslada al horno: cuando la campana sube, el aire entra de nuevo por la válvula (c) que se abre entonces, volviéndose á cerrar asi que la campana empieza á bajar; y como todos estos movimientos se ejecutan en un líquido, los roces son casi nulos.

El principio de los fuelles hidráulicos que acabamos de describir, consistiendo en comprimir el aire entre una superficie sólida y el agua, se ha aplicado últimamente, de un modo acaso mas ingenioso, á la construccion de una máquina usada generalmente en Inglaterra para dar aire á los hornos pequeños en que se

vuelve á fundir el hierro que ha de vaciarse en moldes; pero parece que no es posible dar á un fuelle hidráulico las dimensiones convenientes para poderle emplear en los hornos altos de fundicion, aunque tales como se hacen hoy dia se distinguen segun parece, por su sencilla construccion y por la fuerza con que impelen el aire.

Esta máquina de madera ó de metal se compone de una especie de tonel, cuyo eje, que es horizontal, está sostenido á algunas pulgadas del suelo por medio de dos pies derechos con dos collares de cobre en que giran las extremidades del eje; y una palanca fijada á la parte exterior del tonel comunica á este un movimiento alternativo de vaiven haciéndole describir un arco de círculo. El interior del tonel está dividido en dos partes por un plano vertical impenetrable al agua, fijo en la parte superior de aquel y á sus dos bases circulares, el cual baja hasta los 3/4 del diámetro al poco mas ó menos, y en cada una de las divisiones cerca de la parte culminante del tonel hay dos válvulas, abriéndose una hácia dentro para que entre el aire, y la otra hácia fuera para

expelerle segun lo exiga el movimiento alternativo de la máquina. El tonel está lleno de agua al nivel de su eje, que está un poco mas elevado que el extremo inferior del plano de division, y á fin de disminuir la gran agitacion que produciria en el agua el movimiento de la máquina, hay una pieza de madera flotante en cada una de las divisiones del tonel. Entendido esto será fácil concebir el efecto que debe producir esta máquina, pues hemos dicho que el movimiento de vaiven que se comunica al tonel, le hace describir un arco de círculo; y por consiguiente, como el agua ocupa siempre el mismo espacio, el aire es fuertemente comprimido entre la superficie interior del tonel, la del agua y la del plano de division; y sale levantando la válvula para pasar al cañon que le conduce al horno, con una fuerza proporcional á la diferencia de nivel del agua en las dos divisiones del tonel. Cuando este gira y á medida que se eleva, se produce un efecto análogo en la otra division, y el aire vuelve á entrar en la primera por la válvula de aspiracion, de modo que por medio del movimiento de vaiven, el aire es expelido alternativamente y con gran fuerza

de las dos divisiones; pero no lo es constantemente, porque hay una pequeña interrupcion durante la aspiracion del aire, que se puede remediar estableciendo dos máquinas, combinadas de tal manera, que la una impela el aire en tanto que la otra le aspira. Se asegura que con una de estas máquinas, movida por un hombre, se pueden fundir 5 quintales ingleses de hierro colado y aun mas, en los hornos pequeños que sirven para esto comunmente.

De las trombas ó fuelles de cascada.

Las cascadas y caidas de agua, que con su movimiento esparcen al rededor suyo un viento fresco, han sugerido sin duda á los habitantes de las montañas la primera idea de las trombas, que son unas máquinas ó mas bien aparatos de construccion muy sencilla, porque no tienen parte alguna movil, y cuyo efecto se funda en la propiedad que tiene el agua de arrastrar con su impulso el aire que la rodea, y en desprenderse este inmediatamente que el movimiento cesa de golpe. Una tromba se compone (fig. 4) de un conducto ó arbol hueco

(a b c) de madera, cilíndrico ó cuadrado que puede tener, por ejemplo, 8 1/2 pulgadas de diámetro y 25 pies de altura, y colocado verticalmente para que pueda recibir una corriente de agua por su extremo superior, al cual se da la forma de un embudo prolongado (ab) á fin de que el agua caiga en el conducto con mas facilidad: hácia la parte estrecha (b) hay cuatro trompetillas ó aberturas oblicuas (oo), por las cuales el aire esterior puede extrar en el conducto y mezclarse con el agua. Esta, conducida encima de la tromba por una *targea* (A), se precipita por el embudo, formándose una corriente que hace entrar el aire por las trompetillas, el cual mezclándose con el agua, cae con ella en una caja ó tonel (D) que termina la tromba, y es como un receptáculo. El agua al caer sobre una piedra ó tabla (d) colocada cerca del extremo del conducto, se separa del aire, el que se desprende á causa del choque del agua sobre dicha piedra, y comprimido por la que le rodea, entra con impetu en el conducto (E) de donde pasa al horno. El agua sale por los agujeros (e,e,e) que hay en el fondo del tonel y por la canaleja (B) que está á 5 ó 6

pulgadas encima del fondo de este. Las mas veces se reunen dos trombas para el servicio de un horno, y entonces los dos conductos ó árboles verticales comunican por su parte inferior á la misma caja ó tonel.

Esta máquina sencillísima que reune á la ventaja de ser poco costosa la de no descomponerse jamas, se emplea hace mucho tiempo ventajosamente en los paises montañosos, donde son frecuentes las caidas de agua algo considerables; y hay muchas en los Alpes y en los Pireneos que se distinguen entre sí por algunas particularidades que no debemos examinar aqui.

Se ha atribuido á las trombas asi como á los fuelles hidráulicos, el inconveniente de humedecer el aire y por consiguiente de disminuir el calor en los hornos, y acaso producir malos efectos; pero parece que no es asi, y los prácticos no lo creen.

Por mucho cuidado que se ponga en la construccion de las trombas, no se obtendrá, con la misma cantidad de agua, una corriente de aire igual á la que producirá la misma fuerza motriz empleada en mover un fuelle de émbolo.

De los reguladores.

Siempre que son fuelles de madera ó trombas los que han de alimentar la combustion, conviene poner un par en cada horno; pero de los fuelles hidráulicos y de los de émbolo basta uno, y se ha de evitar el multiplicar las máquinas, porque su magnitud y por consiguiente sus efectos, no se limitan como en los primeros á ciertas consideraciones prácticas; por lo cual en cada fundería no debe establecerse sino uno, particularmente si se quieren emplear los de émbolo, y se le dan las dimensiones y fuerza necesaria para obtener la cantidad de aire que pueda necesitarse en toda la fundería. En este caso conviene por varias razones establecer un receptáculo de donde pueda sacarse el aire á cada instante y en cantitad variable, sin perder una parte de él como sucede ordinariamente, y principalmente sin disminuir la corriente que necesiten todos los hornos. Es por consiguiente importante que dicho receptáculo conserve el aire con una compresion constante, á pesar de las irregularidades inherentes al juego de los fuelles y á las

variaciones que sobrevienen en el consumo del aire que dan. Este receptáculo se llama regulador, y los hay de tres especies, cuyo principio fundamental vamos á indicar sucintamente.

El regulador de agua tiene mucha analogía con el fuelle hidráulico y se junta á este ordinariamente, consistiendo en una caja ó campana vuelta sobre el agua, en la cual se reune el aire que sale de los fuelles. Esta caja puede ser fija ó movible; en el primer caso el nivel del agua se deprime cuando el aire entra en ella comprimido, y se eleva á medida que este sale para distribuirse en los hornos: en el segundo se carga la caja movible con cierto peso que el aire eleva á medida que entra en ella; pero asi que una porcion de este sale, la caja desciende á causa de disminuirse la presion interior. Por estos dos medios, pero particularmente por el último, se puede obtener una presion constante y por consiguiente una cantidad de aire casi uniforme en los hornos, y con la velocidad necesaria para el objeto que se desee, porque esta depende del peso que comprime el aire á cuyo fin debe arreglarse convenientemente.

El regulador de émbolo difiere poco del hidráulico, y consiste en una caja ó cilindro en que se mueve verticalmente y á roce un émbolo del mismo diámetro, cargado con un peso mas ó menos considerable y proporcional á la compresion que quiere darse al aire en el receptáculo. En este regulador asi como en el anterior se contruyen válvulas en el cuerpo de bomba, y ademas aberturas exteriores de seguridad, á una altura tal, que cuando la compresion interior llegue á un cierto término que comprometa la resistencia de la máquina, pudiendo ocasionar graves accidentes, el aire salga por ellas elevando el émbolo.

Por último, tambien se emplean como reguladores en algunas funderías de Inglaterra, grandes sótanos ó espacios embovedados en que se reune el aire que da un fuelle de mucha fuerza. Este regulador establece una comunicacion constante de aire en los hornos, porque es fácil concebir que en 30 ó mas varas cúbicas, las variaciones de aire causadas por los fuelles y consumidas én los hornos, son del todo insensibles; pero un receptáculo de esta especie de sótanos es muy costoso y

hay mucha dificultad en precaver las pérdidas de aire.

Todos los grandes reguladores deben tener un manómetro de agua ó de mercurio, por el cual pueda determinarse á cada instante la presion interior del aire y las variaciones que pueda tener su fuerza elástica, y este es el único medio para poder juzgar del estado de los fuelles. Este mismo instrumento adaptado á la caja fija de un fuelle ó á su cañon, ó al receptáculo de una tromba, da á conocer la cantidad de aire que se introduce en un horno sea constantemente ó en diversos periodos de las operaciones, porque mide la fuerza elástica del aire, de la cual se deduce su velocidad de salida por un orificio, la que multiplicada por el area de este, da el volúmen de aire que sale por él durante un minuto ó un segundo.

Hemos demostrado por un cálculo sencillo la fórmula que da la velocidad del aire desprendido de una chimenéa, de la cual y de algunas otras consideraciones expuestas, se deduce sin dificultad el area de su seccion mínima necesaria para quemar el combustible con la mayor economía; pero nos ha sido for-

zoso emplear un elemento absolutamente indispensable cual es el volúmen de aire necesario en la práctica para quemar el combustible. Hemos dicho que la corriente de aire ascendente que se formaba en las chimenéas podia arreglarse de modo que diese la cantidad necesaria de aquel fluido en un tiempo dado; pero es preciso observar que la clase y órden de ciertos trabajos de fundiciones, se opone á que en todos casos se pueda hacer uso de las chimenéas, y entonces es preciso procurarse el aire necesario per medios artificiales, lo que se consigue por los fuelles que deben hacerse de tal modo, que puedan aspirar y expeler el aire alternativamente. Puede esto realizarse de diversos modos, de los que resultan las diferentes especies de fuelles que se han descripto, exceptuando sin embargo las trombas, cuya construccion se funda en que la corriente de agua que se desprende de la *targea* por un tubo vertical, hace entrar por las *trompetillas* cierta cantidad de aire, que separándose del agua en la parte inferior del aparato, es dirigido por conductos dispuestos convenientemente para alimentar la combustion. Siendo

nuestro objeto el determinar la cantidad aire que da un fuelle, y calcular aproximata mente las dimensiones que conviene dar orificio en cada caso particular, es preciso indiquemos antes la construccion y uso de instrumento que sirve para determinar de los principales elementos que constitu la fórmula que vamos á deducir. Este trumento llamado *manómetro*, que sirve medir la fuerza elástica de los gases, t el nombre particular de *ventímetro*, cua se usa para determinar el resorte del aire un tubo de vidrio al cual se da la forma qu dica la fig. 3, Lám. IV, ó una semejante, poder introducir en la parte curva A, ag mercurio, etc., y el tubo *bc* está divi en pulgadas y líneas que graduan las d rentes alturas del líquido contenido en ventímetro. Es evidente que si la extremida comunica con un depósito de aire com mido á cierto punto, y por la otra con la mósfera, el líquido del ventímetro es comprimido en sus dos superficies superi por dos fuerzas distintas, que serán, el pes la atmósfera, y el de este aumentado del

provendrá de la compresion del aire del depósito, y por consiguiente, el líquido deberá elevarse en el brazo *bc* á una altura tal, que el peso de la atmósfera mas el de la columna de líquido comprendida entre los dos niveles, haga equilibrio á la fuerza elástica del aire del depósito; de donde se concluye que esta columna es la medida de la diferencia de las dos presiones. Asi pues, para poder medir esta en cada caso particular, se fijará en la parte inmovil del fuelle el extremo *a*, y cuando esté en movimiento se observará la altura del líquido en cada brazo, y su diferencia será la medida de la diferencia de las presiones interior y exterior. Es inútil advertir que para que las observaciones sean exactas y comparables, deberán hacerse con ventímetros que tengan un diámetro constante ó sensiblemente tal, á fin de evitar el efecto desigual de la capilaridad y para disminuir los errores de la division del instrumento. Esto supuesto, si se quiere determinar la velocidad del aire al salir por el orificio del fuelle, el cual no debe confundirse con el alcribis ó tóbera pues la velocidad disminuye por el frotamiento de los tubos, bas-

tará observar que la fuerza que le impele es la diferencia de presiones que se mide por el ventímetro, y por consiguiente podrá determinarse su velocidad por medio de la misma fórmula empleada cuando hemos hablado de las chimenéas, que es,

$$v=\sqrt{2gh}.$$

En la cual, g es la accion aceleratriz de la gravedad, y v la velocidad correspondiente á la altura h : si representamos la densidad del aire del fuelle por δ, la del líquido del ventímetro por δ', y por H la altura que tiene en este, resultará,

$$h=H\frac{\delta'}{\delta};$$

y por consiguiente,

$$v=\sqrt{2gH\frac{\delta'}{\delta}};$$

Resta ahora solo determinar la densidad δ; para esto observaremos que llamando d la altura de la columna del mercurio en el baró-

metro, d + ϕ será la necesaria para hacer equilibrio al aire del fuelle, siendo ϕ la altura que se midió en el ventímetro reducida á una columna de mercurio, y llamando Δ la densidad del aire exterior, se tendrá fácilmente,

$$\delta = \frac{\Delta (d + \phi)}{d}.$$

En el segundo miembro todo es conocido por la experiencia excepto Δ; pero el valor de esta cantidad puede determinarse de la manera siguiente: sea v un volúmen de aire á la temperatura o^{o}, $\frac{1}{m}$ la misma cantidad constante de que nos hemos valido para determinar la fórmula de las chimenéas; llamando v' lo que llega á ser aquel volúmen cuando la temperatura es t, se tendrá,

$$v' = v + \frac{tv}{m},$$

ó haciendo $v = 1$, $v' = 1 + \frac{t}{m}$

Si t representa la temperatura actual de la

atmósfera, llamando d la altura correspondiente del barómetro, y designando por a la densidad del aire á o^o y bajo la presion γ, es fácil concluir,

$$\Delta = \frac{mad}{\gamma(m+t)},$$

de donde se deduce,

$$\delta = \frac{mad\,(d+\phi)}{d\,\gamma(m+t)},$$

y por último,

$$v = \sqrt{2gH\frac{\delta'\gamma(m+t)}{ma\,(d+\phi)}};$$

ó haciendo para simplificar, $a=1$, se tendrá,

$$v = \sqrt{2gH\frac{\delta'\gamma(m+t)}{m\,(d+\phi)}} \quad (1).$$

Esta fórmula manifiesta evidentemente que las variaciones barométricas y termométricas

obran en sentidos inversos cuando son del mismo signo; pero como ordinariamente se verifica que estas variaciones son de signos contrarios, su influencia en la fórmula puede en algunos casos ser notable, pues que aquellas obran entonces de un mismo modo tendiendo á aumentar ó disminuir la velocidad del aire. El cálculo diferencial, ó un sencillo análisis de la fórmula basta para poder deducir que, tomando por d la altura media del barómetro, sus variaciones no son de una consideracion absolutamente necesaria en ella; mas no sucede lo mismo respecto á las del termómetro, pues las que experimentan las indicaciones de este influyen mas en la fórmula; pero como sería sumamente engorroso el tener que repetir los cálculos, respecto á las personas que comunmente se proponen obtener un valor aproximativo con un objeto determinado, y que pueda guiarlas con alguna exactitud en la construccion de los aparatos, creemos que lo mas conveniente es tomar por d la altura media anual del barómetro en el parage en que se haga la aplicacion, y por t la mínima temperatura del año, teniendo la precaucion

de establecer en el conducto de la tóbera una llave que, en todo caso, pueda disminuir la cantidad de aire segun convenga. En esta suposicion las cantidades g, m, γ, d, t, son constantes, δ' tambien lo es si se emplea constantemente un mismo liquido en el ventímetro, y si este es mercurio se tiene $H=\phi$; pero para dar mas generalidad á la fórmula supondremos distintas estas dos cantidades. Es evidente, por otra parte, que si se quisiese expresar ϕ en funcion de H, representando por D la densidad del mercurio, se tendria,

$$v=\sqrt{2gH\frac{D\delta'\gamma(m+t)}{m(Dd+H\delta')}},$$

y haciendo $D\delta'\gamma(m+t)=A$, $mDd=B$, $m\delta'=C$, esta expresion tomará la sencilla forma,

$$v=\sqrt{2gH\frac{A}{B+CH}};$$

Conocida la velocidad será fácil deducir el area que debe darse á la mínima seccion del

tubo que conduce el aire al horno, cuando es de corta dimension, como en los fuelles de fragua, porque si es de alguna extension el roce ó la adherencia del aire contra las superficies internas del tubo, disminuye la velocidad como veremos mas adelante. Asi pues, sea M la masa de aire necesaria prácticamente para la combustion á la temperatura actual de la atmósfera, y A' el arca de la mínima seccion del cañon del fuelle; conservando las anotaciones anteriores, se obtendrá,

$$\frac{d+\phi}{d}A'\sqrt{2gH\frac{A}{B+CH}}=M,$$

de que se deduce,

$$A'=\frac{Md}{(d+\phi)\sqrt{2gH\frac{A}{B+CH}}}$$

Al deducir la primera fórmula hemos multiplicado el primer miembro por el factor $\frac{1+\phi}{d}$ para reducir el aire que sale con una

densidad δ' á la que correspo
mosférico exterior. La fórmul
todavía ser mas general, tenien
racion la intermitencia del fuell
sentando por n un coeficiente
la determine resulta,

$$A' = \frac{M d}{(d+\varphi) n \sqrt{2gl}}$$

La masa de aire M se calcul
mos indicado cuando hemos
chimenéas, y el coeficiente n es
minarle, pues no es otra cosa
cion del tiempo que el fuelle em
el aire y en que por consiguient
á la suma de los tiempos en
ra é impele, ó mas claro, la
tiempo que tarda el fuelle en sul
ma del que gasta en subir y
pone que las válvulas de aspir
están colocadas en la parte inf
como sucede ordinariamente); y

mente el tiempo que tarda un fuelle en subir es igual al que necesita para bajar, se podrá suponer para las aplicaciones $n = \frac{1}{2}$ (1).

Deducidas las fórmulas aplicables particularmente á los fuelles de *madera* y *cuero*, conviene establecer las de los de *émbolo*. En estos, ordinariamente, para evitar el mal efecto que podria producir el choque del émbolo contra la base del cilindro en que se mueve y en la cual se colocan las válvulas, se deja un hueco entre el máximo punto de descension del émbolo y la base, de lo que procede que cuando aquel baja é impele el aire, una porcion de este comprimida se reune accidentalmente en él, y disminuye por consiguiente el volúmen total de aire que podria calcularse inmediatamente segun las dimensiones del cilindro.

Asi pues, sean,

a = altura á la cual se eleva el émbolo, á contar desde la base en que estan las válvulas.

(1) Cuando haya dos fuelles de iguales condiciones de presion y orificios, se tendrá evidentemente, $n = 1$.

z = altura de la parte de cilindro que no ocupa el émbolo cuando baja.

r = radio del cilindro.

π = relacion de la circunferencia al diámetro.

d = altura del mercurio en el barómetro.

φ = altura del líquido del ventímetro expresada en una columna de mercurio.

δ = densidad del aire exterior.

δ' = densidad del aire interior que queda en la parte del cilindro que no corre el émbolo.

V = volúmen de aire que da realmente el fuelle.

Cuando el émbolo ha bajado lo mas posible, resultará,

$$V = a\pi r^2 \delta - z\pi r^2 \delta' = \pi r^2 (a\delta - z\delta')$$

y observando que segun la propiedad de los gases se tiene,

$$d : d+\phi = \delta : \delta' = \frac{\delta(d+\phi)}{d}$$

se deducirá,

$$V = \pi r^2 \delta\left(a - \frac{z(d+\phi)}{d}\right) = \pi r^2 \delta\left(\frac{d(a-z)-z\phi}{d}\right)$$

y como,

$$\delta = \frac{md}{\gamma(m+t)};$$

siendo γ lo mismo que anteriormente, se obtendrá por último,

$$V = \frac{\pi r^2 m[d(a-z)-z\phi]}{\gamma(m+t)}.$$

Este es el volúmen de aire que da el fuelle, siendo la densidad de este fluido la correspondiente á la temperatura t: en el caso particular de $z=0$, se tiene,

$$V = \frac{\pi r^2 a m d}{\gamma(m+t)}$$

y tomando por unidad la densidad del aire relativa á t y á d, se obtendrá,

$$V = \pi r^2 d;$$

es decir, que el volúmen de aire dado por el fuelle, es igual al del cilindro que corre el émbolo, lo que es evidente por sí mismo, y podria deducirse inmediatamente.

Sea M el volúmen de aire necesario para la combustion, á la temperatura t, durante el tiempo de una pulsacion del émbolo: se tendrá,

$$\frac{\pi r^2 m [d(a-z)-z\phi]}{\gamma (m+t)} = M;$$

de que se concluye,

$$r = \sqrt{\frac{M\gamma(m+t)}{\pi m [d(a-z)-z\phi]}}.$$

No se emplea un coeficiente constante para tener en consideracion la intermitencia, porque cuando se usan los fuelles de émbolo se construye casi siempre un par.

Esta ecuacion determina el radio que es preciso dar á la seccion del émbolo, y manifiesta que su valor depende de los de la temperatura y presion del aire; pero para poder simplificar la fórmula atribuyendo á estas cantidades valores constantes, es preciso examinar como obran en ella las variaciones barométricas y termométricas.

Poniendo p en lugar de d para evitar confusiones y diferenciando la fórmula anterior relativamente á esta variable, se deducirá la siguiente:

$$dr = \frac{-k\,dp}{\left(\pi m[p(a-z)-z\phi]\right)^{\frac{3}{2}}}$$

En donde k representa una constante.

Esta ecuacion manifiesta que las variaciones positivas ó ascendentes de la columna de mercurio relativamente á p, tienden á disminuir el valor del radio que debe darse al conducto del aire, lo que era natural preveer, pues la cantidad de este comprendida en un mismo volúmen aumenta con la presion p. Es evi-

dente por consiguiente que las variaciones descendentes ó negativas tendiendo á aumentar el valor del radio, y tomando por p la mínima presion atmosférica del parage en que haya de establecerse el fuelle, se satisfará á una condicion esencial, que es la de obtener, cualquiera que sea la variacion del barómetro, una cantidad de aire mayor que la necesaria, lo que cuando no convenga podrá remediarse si se pone una llave, que en todo caso pueda disminuir el area del tubo que conduce el aire al horno.

La misma ecuacion diferenciada respecto á t, considerando p como constante, da,

$$dr = \frac{M\gamma dt}{2\sqrt{M\gamma(m+t)\left[m\pi[p(a-z)-z\phi]\right]}};$$

Esta ecuacion manifiesta que las variaciones del radio cuando se considera como funcion de la temperatura son proporcionales á las variaciones de esta. Asi pues, á la máxima indicacion anual del termómetro deberá correspon-

der el valor mayor de r, y por consiguiente se calculará en esta suposicion, introduciendo en la fórmula que le determina, el valor mínimo anual de p como ya hemos indicado. De este modo resultará el máximo valor de r y habrá certeza que en todos casos la cantidad de aire será suficiente. La fórmula que determina el radio r no es fácil de calcular cuando el fuelle se ha de hacer de nuevo, pero haciendo que z sea muy pequeña, se podrá suprimir el término que la contiene, y las fórmulas entonces serán sumamente fáciles.

Al deducir las anteriores hemos supuesto que el cañon que conducia el aire al horno era de cortas dimensiones en el sentido longitudinal; pero las mas veces para regularizar las corrientes de aire y disminuir lo mas posible las desigualdades inherentes á la construccion de los fuelles, se forman depósitos de grandes dimensiones y bien determinadas, de suerte que la presion motriz sea siempre la misma, y es lo que supondremos en los cálculos que vamos á desenvolver. En estos casos la longitud de los conductos influye mucho en el valor de la velocidad que tiene el aire al sali-

por la tobera, como veremos mas adelante. Es evidente que este movido con cierta velocidad en los conductos que le dirigen al horno, debe experimentar alguna resistencia en sus superficies internas, ó porque adhiera mas ó menos á estas, ó porque se produzca en él una accion análoga á la del roce, ó por las dos causas á un tiempo; pues la experencia prueba que la cantitad de aire que sale por el orificio de un tubo de cierto diámetro y de una longitud determinada, disminuye á medida que esta aumenta, conservando siempre la misma presion para producir su movimiento.

Es preciso notar que la resistencia originada de este modo en los tubos manifiesta, que si bien nace de las asperidades de su superficie ó de la adherencia del aire en ellos, existe tambien una entre las capas sucesivas y concéntricas en que se puede suponer dividida la masa de aire ó de un gas cualquiera que atraviese un conducto; pues no puede explicarse de otro modo el efecto que produce en la masa total, la resistencia ó resistencias que acabamos de indicar: y por consiguiente, cada capa de la masa de aire ó ga

deberá aumentar de velocidad por su adhesion á la capa inmediata y mas próxima al centro; del mismo modo la velocidad que tendria naturalmente, hecha abstraccion de las resistencias físicas, se disminuirá en razon de la menor velocidad de la capa inmediata al lado de la superficie interna del tubo; pero no es dificil demostrar que estas variaciones de velocidad en las capas contiguas desaparecen en la expresion de las fuerzas retardatrices, no quedando otra á considerar que la resistencia del tubo en que el aire ó el gas se mueven.

Antes de pasar adelante conviene observar, que siendo la densidad del aire ó del gas que se mueve muy pequeña, las capas inferiores experimentan una presion insensible por el peso de las superiores en los conductos, aun cuando se suponga el diámetro de estos de dimensiones considerables. Por consiguiente, la fuerza aceleratriz de aquellas será la misma en todas, y en último resultado, la determinacion de la velocidad del aire al salir por la extremidad del tubo se reduce á la investigacion de los *momentos* de las fuerzas aceleratrices y retardatrices cuya accion se neutra-

liza cuando el movimiento llega á ser uniforme.

Sean pues:

g = accion aceleratriz de la gravedad terrestre.

p = presion del receptáculo medida por medio de un manómetro.

δ = densidad del líquido del manómetro.

δ' = densidad del aire comprimido del receptáculo.

C = longitud del conducto.

r = radio de este.

π = relacion de la circunferencia al diámetro.

u = velocidad media uniforme.

ϕ = fuerza aceleratriz.

v = velocidad correspondiente á la presion del depósito.

Segun los principios de dinámica, se tiene,

$$\phi = \frac{1}{2}\frac{v_2}{C}\ ;\ (1)$$

(1) Véanse las obras de mecánica.

El aire del receptáculo hace equilibrio á una columna del líquido del manómetro, que tiene por altura p; por consiguiente, la de una columna de aire de densidad δ' capaz de hacer equilibrio á esta presion, será,

$$\frac{p\,\delta}{\delta'};$$

y la velocidad correspondiente á esta altura, ó lo que es lo mismo v, estará representada por,

$$v=\sqrt{2\,g\frac{p\,\delta}{\delta'}};$$

por consiguiente,

$$\varphi=\frac{g\,p\,\delta}{\delta'\,C},$$

y el momento de la fuerza aceleratriz (cantidad de accion) del gas contenido en el tubo, estará representado por,

$$\frac{g\,p\,\delta}{\delta'\,C}\times\pi\,r^2\,C$$

En cuanto á la fuerza retardatriz, no se puede obtener inmediatamente su valor; pero se podrá representar del mismo modo que se hace en las fórmulas del movimiento lineal uniforme de los líquidos y segun las ideas de Coulomb, por una funcion de la velocidad compuesta de dos términos, de los cuales el uno es únicamente proporcional á la simple velocidad y el otro al cuadrado de esta; de suerte que la fuerza retardatriz estará expresada por el binomio.

$$mu + nu^2;$$

siendo *m* una constante que expresa la adhesion del aire á la superficie interna del conducto y *n* otra dependente del grado de pulimento de esta misma superficie.

Ambas se determinan fácilmente como veremos mas adelante por un número suficiente de observaciones, segun las reglas comunes del álgebra, ó con mas exactitud, por el método del *mínimo error* (1).

(1) Acaso convendrá indicar aqui para mejor in-

En esta suposicion, el momento de la fuerza retardatriz, considerando que no ejerce accion inmediata sino en la extension de la superficie interna del tubo, será:

$$2\pi r C(mu + nu^2);$$

y por consiguiente deberá obtenerse,

$$\frac{g p \delta r}{\delta' C} = 2(mu + nu^2).$$

Es evidente que sustituyendo en esta ecuacion por las cantidades variables que en ella entran, las que se refieran á experiencias particulares y distintas, se tendrán tantas ecuaciones de la forma anterior como experiencias, y por los métodos conocidos será fácil deducir los valores de las dos constantes m y n. Las observaciones que el Sr. Girard ha hecho sobre el aire atmosférico en una fábrica

teligencia que llamamos método de *mínimo error al* que los Franceses denominan *methode des moindres carrés.*

de gas de Páris, tómadas dos á dós y calculándo los valores de m y n, por el método sencillo de eliminacion, dan la tabla siguiente:

VALOR de $\frac{g p \delta r}{2 \cdot C}$	VALORES de C	VALORES de *u*	VALORES de *m*	VALORES de *n*
9,8377	V			
	153,916	7,029	0,003746	0,001554
	449,081	4,110	0,003145	0,001727
	744,246	3,133	0,002395	0,002395

Esta manifiesta diferencias notables entre los valores de *n* y no indica ley alguna que abraze sus variaciones, lo mismo que los de *m* que difieren tambien sensiblemente unos de otros. La forma pues de la funcion de u por la cual hemos expresado la fuerza retardatriz, no puede aplicarse al movimiento del aire en los conductos; pero si se atiende á la naturaleza de las constantes m y n, se conocerá que el valor de la primera debe ser muy pequeño, y

despreciando el término que la contiene en la ecuacion anterior, se tendrá,

$$\frac{g\delta pr}{2\delta' C}=nu^2;$$

de donde se saca,

$$u=\sqrt{\frac{g\delta pr}{2n\delta' C}}$$

Para justificar la primera de las dos ecuaciones anteriores, es preciso verificar los resultados de la experiencia. Las observaciones de Girard dan como anteriormente la siguiente tabla :

VALOR DE $\frac{g\delta pr}{2\delta' C}$	VALORES de C	VALORES de *u*	VALORES de *n*	VALOR MEDIO de *n*
5,4637	153,916	22,671	0,006667	0,006717
	449,081	8,253	0,006544	
	744,246	4,300	0,006940	

Esta manifiesta evidentemente la exactitud de la suposicion que hemos hecho : pero la experiencia y el cálculo prueban al mismo tiempo que el valor de n que es sensiblemente constante para un conducto determinado, varia segun el radio que se de á este. Segun un promedio de varias experiencias de Girard, resulta que, entre los límites de dimensiones de los conductos que dirigen el aire á los hornos, puede suponerse el valor de n igual o á 0,0158 pies y por consiguiente la fórmula hallada anteriormente será,

$$u = \sqrt{\frac{g \delta p r}{0{,}0316\, \delta' C}}$$

Teniendo entendido que las cantidades longitudinales que entran en ella deben expresarse en pies.

Asi pues, esta fórmula podrá servir para determinar con suficiente exactitud la velocidad media del aire que es la que debe emplearse en todos los cálculos subsecuentes. En ella se supone conocido el radio del conducto y para po-

der aplicarla á todos los casos, he aqui el método que puede seguirse. El valor de r es conocido por las fórmulas anteriores (1) y sustituyéndole en la última, dará un cierto valor para u, el cual vuelto á sustituir en la ecuacion que determina el radio r, dará para este el valor del radio del conducto que va desde el depósito al horno. En los cálculos anteriores hemos despreciado para mayor sencillez la influencia de las variaciones meteorológicas; pero si se ha entendido bien lo que hemos expuesto no será dificil hacer las correcciones necesarias. El método que indicamos es casi el mismo que sirve para resolver ciertas cuestiones de astronomía, y por consiguiente si en esta se aprecian con él los minutos y sus fracciones, en los trabajos de fundiciones se podrán determinar con la exactitud necesaria las pulgadas y partes de estas.

(1) Por la misma que determina el radio que debe darse al conducto de un fuelle.

CAPITULO IV.

DE ALGUNOS PROCEDERES GENERALES DE METALURGIA.

El objeto de toda operacion metalúrgica es obtener puro un metal separándole de otras sustancias con quienes esté combinado natural ó artificialmente. Los procederes que para ello se usan son en realidad unas analísis químicas hechas en grande, que como hay que atender á ciertas condiciones de economía, nunca son completas, porque muy rara vez se intenta aislar todos los componentes de una vena, siendo pocos los útiles y que puedan separarse con la economía conveniente. El objeto de los trabajos de las funderías como de los laboratorios de química, es el de promover descomposiciones formando para ello nuevas combinaciones ó compuestos; de suerte que, considerado esto de un modo general, los medios de unos y otros trabajos son los mis-

mos, que son los de poner en accion las afinidades químicas, para llegar de este modo al resultado que se desea.

Asi es que los problemas de metalurgía aun los que parece que mas se diferencian de los de las ciencias, se resuelven como los que estas presentan : siempre se trata de simplificar las cuestiones reduciéndolas á los términos mas sencillos por medio de trasformaciones, que en las ciencias morales ó especulativas se verifican segun el anuncio, por el raciocinio ó el cálculo; asi como en las artes se realizan por composiciones y descomposiciones químicas ó físicas. En metalurgía por ejemplo, para separar un metal del azufre con que está combinado, se pueden convertir estos dos cuerpos al estado de óxido; porque de este modo el azufre se volatilizará fácilmente en ácido sulfuroso, y el óxido metálico se podrá por otra operacion reducir á metal, lo que no se habria conseguido en el estado de sulfuro. Las venas de hierro son comunmente óxidos combinados con tierras, y el proceder de purificarlos se funda en trasmutarlos en hierro carbonado; sustancia que se separa muy bien de las materias terreas quitándola despues el carbon para te-

nen el hierro puro. Asi es que de pronto se hace la combinacion del hierro colado, cuya fusibilidad y gran peso específico le separan fácilmente de las tierras, y entonces el problema se reduce á la descomposicion del hierro carbonado, operacion muy delicada á la verdad, pero que sin embargo se practica ventajosamente. La descripcion de la mayor parte de los procederes metalúrgicos, confirmaria aun mas la analogía que estos tienen con los métodos empleados en todas las ciencias para llegar á un resultado determinado.

El resolver las cuestiones de metalurgia relativas á la separacion de un metal ó su purificacion, depende de dos métodos principales; el primero es el de que como se proponen por objeto aislar los metales, obteniéndolos puros ó casi tales, es decir, con todas sus propiedades metálicas, se necesita que las sustancias que estan unidas á ellos en las venas, entren en combinaciones nuevas y particulares, y esto es lo que sucede cuando se opera con los sulfuros de plomo y antimonio mediante el hierro, ó en los de mercurio mezclándolos con la cal, por cuyo medio se logran estos metales con todas sus propiedades características. Este mismo

principio se sigue para separar el plomo de la plata, porque oxidando aquel con el oxígeno atmosférico y haciendo correr el óxido al estado de litargirio, queda aislada la plata metálica. Hay no obstante casos en que no podria servir este medio, porque es muy directo y se funda en una afinidad simple, como sucede cuando la composicion de las venas es muy complicada; pues entonces no solo es necesario hallar una sustancia que tenga mas afinidad con el metal que las unidas ó combinadas con él, sino que es preciso que de tal afinidad no resulte una combinacion nueva muy coherente; para lo que se han de emplear medios que la impidan, ó si se verifica, sea de manera que se haga fácilmente la separacion del nuevo compuesto ó del producto útil, y que el conjunto de toda la operacion sea practicable por los gastos que origine. En los ejemplos que acabamos de mencionar, los sulfuros, siendo combinaciones simples, el hierro por ejemplo, no se combina con el plomo y si algo con el antimonio, por lo cual mediante el fuego necesario, el metal se separa fácilmente del nuevo sulfuro que forma el hierro. Pero este proceder se emplea pocas veces como medio inme-

diato de obtener los metales, y es mas frecuente el de convertirlos en una combinacion binaria que se descompone en seguida como hemos dicho ya, y este es el objeto del segundo método de trabajar las venas. Hay otro método general que consiste en formar con el metal que se beneficia, una nueva combinacion que se separe fácilmente de las otras y que sirva para extraer el metal, que concentrado por este medio en un compuesto binario, se somete á una nueva operacion para tenerle puro. Ya hemos dado un ejemplo de esto en el modo de fabricar el hierro, y los mismos casos del método de que hablamos se presentan en el beneficio de las venas de oro y plata por la amalgamacion, es decir, por el azogue, y en la fundicion de las materias argentíferas con plomo ú otras que le contienen.

Un método ó proceder consiste en una serie de operaciones que se suceden unas á otras en un cierto orden, para alcanzar un fin determinado y lograr un resultado útil, las cuales son comunmente mecánicas y químicas. El éxito del que esté bien combinado depende de que se ejecute exactamente cada operacion, porque como la que sigue se funda en el resultado

cierto de la anterior, por las trasformaciones ó cambios que ha debido obrar en las materias, una sola falta que haya en esto basta para que el producto definitivo ó el útil sea defectuoso, y por consiguiente para que haya una pérdida notable en el resultado; lo que es de temer, tanto mas cuanto que son muchas las operaciones y muy delicadas, y que sus imperfecciones son poco visibles hasta el fin de los trabajos. Por esta razon se ha de procurar el simplificar lo mas posible los procederes, disminuyendo el número de sus operaciones, no haciendo sino las que son realmente útiles, y escogiendo entre todos los medios de llegar á un fin, los mas fáciles de ejecutar. La eleccion de un proceder, es decir, el determinar la clase y serie de operaciones que se han de hacer, es á veces obra de diferentes ensayos y tanteos, ó lo que es lo mismo, de una larga práctica; pero como esto debe siempre ser conforme con las leyes de física y las propiedades químicas de los cuerpos, importa examinar los procederes que se siguen en las funderías con respecto á la teoría de las ciencias. Si se trata de arreglar algunos para casos nuevos, ó solo de modificar los antiguos, es pre-

ciso que los ensayos se dirijan por una teoría ilustrada, y que se apoyen en analogías bien fundadas, pues este es el único medio de ahorrar trabajos y gastos, de no perderse en los tanteos, y de circunscribir el número de las experiencias. La teoría metalúrgica pues, que no es otra cosa que el conocimiento de las relaciones que tienen muchos hechos entre sí, y con las leyes de la física y química, es la sola guia que puede servir para establecer nuevos procederes y perfeccionar los antiguos. Sin embargo, una parte de ellos que es la ejecucion de las operaciones, necesariamente se ha de confiar á los obreros, y su éxito depende á menudo solo de su experiencia y destreza, lo que es tanto mas importante considerar para el buen éxito de las empresas metalúrgicas, cuanto que careciendo el arte casi siempre de medios precisos para graduar los efectos producidos en cada operacion, y determinar el punto en que se ha de detener, necesitan los obreros mucho tiempo para que puedan suplirlo por observaciones y apariencias difíciles de apreciar y conocer. Esta es la causa de las mayores dificultades que hay para fundar nuevos procederes, perfeccionar los antiguos ó

connaturalizar en un pais un ramo de industria nuevo y desconocido en él. En cuanto á los resultados de los procederes ú operaciones, se deberá tener presente que, sin repetir las mismas muchas veces y con sustancias idénticas, rara vez en metalurgía se alcanza el fin que uno se propone; comunmente una sola operacion, aun cuando haya sido bien ejecutada, no produce sino imperfectamente la separacion de la sustancia que se desea, y es preciso continuarla por mucho tiempo, ó repetirla en circunstancias favorables y muchas veces, para lograr un resultado completo. Las causas de esto segun lo que á menudo se observa en los trabajos metalúrgicos, dependen, ó de la necesidad de elegir medios y procederes conformes á la economia que se quiere tener, ó del poco gasto que se puede hacer; por lo que se emplean muchas veces los que solo producen un efecto muy mediano en lugar de los mas perfectos que indica la teoría. Por otra parte, como siempre se opera con grandes masas, no hay seguridad por mas precauciones que se tomen, de que la accion química se extienda á todas las partes de la materia, y conviene hasta cierto punto multiplicar de varios modos el

contacto de las moléculas que tienen accion entre sí, lo que la aumenta y varia, siendo muy ventajoso apartar las materias en que se ha producido un efecto completo, de las que no se hallen en este caso, cómo se advierte tostando las venas. Sucede á veces, y principalmente cuando se aspira á conseguir metales muy puros, el que estas separaciones son incompletas; es decir que, cuando conviene, se sacrifica una parte del producto para obtener lo demas en gran estado de pureza; pero esto no debe hacerse sino cuando hay en ello ventajas seguras ó que no se puede hacer otra cosa.

Daremos ahora á conocer algunas operaciones de una práctica mas general en las fundérías, y describiremos por menor la preparacion química que tiene pos objeto la torrefaccion de las venas.

PRIMERA SECCION.

De la torrefaccion de las venas.

El fin de los diferentes laboreos de venas indicados, es el de separar las sustancias que solo estan mezcladas con ellas, para lo cual ya hemos dicho que bastan medios mecánicos;

pero con las preparaciones químicas de que vamos á hablar, se separan las sustancias combinadas entre sí, para que dispuestas las venas de este modo se puedan fundir mas ventajosamente. Estas operaciones preparatorias de las venas, se hacen al fuego y antes de mezclarlas como conviene para fundirlas; pero lo que las distingue principalmente de todas las ostras, es que se han de ejecutar de manera que la vena no se funda, porque esto en todos los casos seria perjudicial y contrario al objeto de esta operacion; y asi es que, cuando sucede, es por falta de cuidado ó destreza de los obreros. Esta preparacion es enteramente metalúrgica por decirlo asi, y mientras que la limpia y lavas se refieren particularmente á la extraccion de las venas, y son laboréos mecánicos que se ejecutan al pie de las minas mismas, las preparaciones químicas, excepto algunas relativas á las venas de hierro, se verifican en las funderías ó cerca de ellas, y al cuidado del director de fundiciones. Es cierto que en algunos casos, la torrefaccion solo se hace para disgregar las partes de una vena, y como para facilitar por un medio mecánico el que se quebrante y

pulverize sin mucho trabajo, que es lo que se practica con algunas de hierro y oro, cuando estan mezcladas con cuarzo muy duro; pero en los mas de los casos se tuestan las venas para separar por la volatilizacion algunas de las sustancias que las componen, y empezar de este modo la especie de análisis que conduce á la extraccion y aislamiento del metal que contienen. Esto se hace de dos modos diferentes que importa mucho distinguir, conforme á la naturaleza y estado de combinacion de las sustancias que se quieren separar. Estas pueden ser volatilizadas en su estado natural, es decir, sin experimentar alteracion mayor, y entonces se hace así mediante la destilacion á una elevacion determinada de temperatura; pero hay materias y condiciones de combinacion tales, que la misma sustancia no puede ser separada sin combinarse antes con el oxígeno para formar un compuesto volatil, en cuyos casos este gas es un agente necesario de la operacion. Por esto se conocerá ya cuanto importará en ellos el multiplicar el contacto de las superficies de la vena con el aire atmosférico; mientras que en la destilacion no

solo será inútil, sino que puede ser perjudicial.

Conducen pues estas consideraciones á distinguir tres especies de tostados : 1º la del que tiene por objeto disminuir la cohesion ó adherencia de las moléculas de una vena entre sí. 2º : el de volatilizar en su estado natural, las sustancias susceptibles de ello como se desprenden y expelen el agua, ó el acido carbónico mezclados ó combinados en las venas con las tierras ú oxidos metálicos, y del mismo modo, una parte y no el todo del azufre y metales volátiles que hay en ciertas venas. Estas dos especies de tostados que son una simple calcinacion y una destilacion, podrán hacerse en vasos cerrados, es decir, sin el contacto inmediato del aire atmosférico. En fin, la tercera especie de tostados supone como hemos dicho la accion directa del oxígeno atmosférico en la vena, para formar con las sustancias que se quieren separar, combinaciones gaseosas que el calórico volatilize fácilmente y disipe en la atmósfera. No se ha de olvidar que al formar el oxígeno estas combinaciones, obra tambien comunmente en las sustancias combinadas con las que se quieren separar; y de este modo,

destruye la afinidad que las agregaba en la vena. Esto sucede principalmente con el azufre, el arsénico y el antimonio, etc. Asi se puede considerar tambien la operacion de afinar el hierro colado, quemando el carbon combinado con él para convertirle en hierro dulce; pues no hay otra diferencia sino en que se impide por manipulaciones delicadas que el metal se oxíde en totalidad, al mismo tiempo que se quema el carbon. A veces el tercer modo de tostar las venas, que es al aire, se practica con un fin diferente del que hemos supuesto, pues hay casos en que lo que se propone no es separar una sustancia de otras, sino combinar el oxígeno atmosférico con las que hay en la vena para trasformar tambien su estado; que es lo que se hace tostando los chistos ó pizarras aluminosas, ó para fabricar el sulfato de hierro con las piritas, etc.

Esta especie de tostados en que el oxígeno atmosférico es un agente indispensable, debería designarse por un nombre particular, tanto mas útil, cuanto que indicaría la diferencia de esta operacion á las otras de la misma clase

En los tostados de venas que no son sino una

calcinacion ó una especie de destilacion, se puede alcanzar fácilmente el objeto que se propone con una sola operacion; pero no sucede lo mismo cuando se quiere operar la oxidacion, porque se ha de presentar al aire por todos lados un cuerpo sólido quebrantado, y si el aparato en que esto se hace no es á propósito, se habrán de multiplicar las operaciones para oxigenar lo mas posible las superficies de vena, y aun asi sucede muchas veces que el interior de los trozos no ha experimentado alteracion alguna; como por ejemplo, con los sulfuros metálicos que es preciso tostarlos muchas veces, porque salen de los hornos sin que se haya podido separar la mayor parte de su azufre, y hay que volverlos al fuego 10, 12 y hasta 20 veces.

En esta especie de operaciones se ha de evitar con cuidado la fusion de las materias; porque esta reuniendo todas sus partes, las da una nueva fuerza de cohesion, disminuye las superficies de contacto con el aire, y se opone eficazmente al fin de la torrefaccion. Para hacerla, hay diferentes procederes relativos unos á la calidad de las venas, á la especie de los

combustibles, y otros al objeto mismo de la operacion; pero en todo caso se ha de procurar que esta se haga con la mayor economía, respecto al gasto de combustible y de la mano de obra, lo que es tanto mas importante, cuanto que siempre se practica con grandes masas. Tres son los métodos ó procederes principales que se siguen en esto: el de tostar las venas amontonándolas al aire libre, que es el mas sencillo de todos, ó entre unas paredes bajas, lo que se puede llamar tostado encajonádo, y el de tostarlas en los hornos. En la descripcion que haremos de estos procederes se notará que, en los primeros, la vena está siempre mezclada ó en contacto inmediato con el carbon, mientras que en el tercero hay casos en que no sucede asi.

Las venas de hierro y las piritosas ó bitúminosas, se tuestan al aire libre y en montones mas ó menos grandes; para lo cuál en un terreno llano que comunmente se cubre con arcilla amasada, se ponen trozos de leña cortada bien arreglados unos sobre otros, de manera que se haga una cama muy igual y que tengan ciertos huecos entre sí como los de las

rejas de un hogar, aunque á veces tambien se cubren los huecos con carbon de leña ó de piedra y aun turba, para que no se escurra la vena por entre la leña. En seguida, la vena hecha pedazos ó en polvo se amontona sobre el combustible; pero lo mas frecuentemente el carbon y la vena se ponen uno entre otro, alternando por capas sucesivas, de modo que comunicándose el fuego de unas á otras, se tueste la vena mas uniforme y completamente. Los montones se hacen en pirámide ó prisma truncado por la parte superior, y siempre que el mineral está en trozos gruesos ó tiene azufre que se pueda inflamar, se cubren los montones con tierra, céspedes ó despojos pequeños de vena, para que la combustion no sea muy rápida en el interior de la masa y hacer de este modo que dure la operacion, sin que el calórico se disipe por la superficie exterior. El tamaño de los montones varia segun los paises, y el de las venas de hierro y trozos de piritas, suele ser desde 5 hasta 10,000 quintales, y el de las piritosas y bituminosas, para las que solo se pone una capa de leña en la parte inferior, es diferente como lo es su duracion, que suele ser

de 6 meses y un año, á causa de su composicion, en la que entra un combustible que una vez encendido conserva el calor por mucho tiempo. Se ha de advertir que en las piritas, solo el azufre excedente al proto-sulfuro de hierro es el que da el calor. Se ha de cuidar que en medio de cada monton ó prisma haya una chimenéa de madera, que al principio de la operacion sirve para hacer abrasar toda la masa, á cuyo fin la leña colocada en la parte inferior, se dispone de modo que forme canales que terminen en la chimenéa.

Se enciende el fuego generalmente por la parte inferior y á veces por el medio de la chimenéa, y comunicándose sucesivamente, se empieza la operacion, conduciéndola de modo que el fuego sea lento y sofocado, para que toda la masa se penetre igualmente de calor y que el tostado dure mucho tiempo, y para dirigirle con acierto se cubren por afuera con tierra las partes en que el fuego es demasiado vivo, y se abren agujeros ó bufardas en las que no cunde bastante. Las lluvias, los vientos, las diferentes estaciones, y sobre todo la buena colocacion y disposicion primitiva de

los montones, influyen mucho en esta operacion que al principio pide un cuidado continuo.
En general, nada se puede decir sobre el consumo del combustible porque varia segun su calidad, la de las venas y el objeto de la operacion; pero nunca debe emplearse mas que la cantidad puramente necesaria para el tostado que se quiera hacer, y para sostener el fuego; porque un exceso en esto produciria un gasto inútil, y el inconveniente muy grave de un calor demasiado fuerte que podria fundir ó vitrificar la vena, lo que daria un resultado enteramente contrario al que se debe proponer en los tostados. Tampoco se puede decir nada acerca del gasto de estos trabajos, y solo si, se ha de atender con gran cuidado á disminuir la distancia y el número de los transportes de venas, y para esto basta elegir bien los sitios para los almacenes y hornos de fundicion. El uso de tostar las venas por montones es muy económico y ventajoso en las que contienen mucha pírita de hierro, porque se puede sacar de ellas el azufre; para lo cual se cubren los montones por todos lados con arcilla, que se aumenta cuando se nota que las prime-

ras capas de esta tierra se van cubriendo de una especie de barniz lustroso que es el del azufre. En seguida se hacen agujeros redondos en la superficie superior, que sirven de recipientes en donde se reune el azufre que se escurre por todas partes, sacándole de allí de tiempo en tiempo con cucharas para vaciarlas en barreños de agua.

Como es dificil dirigir el fuego cuando se tuestan venas poco azufrosas, y mas dificil aun, colocarlas y conservarlas en montones si tuestan estando desmenuzadas, siendo por otra parte necesario darlas fuego diferentes veces en cortas porciones, se ha ideado el rodear las areas de los tostados con 3 ó 4 paredes pequeñas que tienen una puerta por delante, que es lo que en algunas partes se llama area murada, y en otras impropiamente, horno de tostar. Las paredes solo han de tener de 2 ½ á 4 ½ pies de elevacion, y en su espesor se hacen comunmente conductos verticales ó chimeneas que corresponden á una boca que hay al nivel del suelo; para activar la corriente ó el tiro del fuego en todas las partes inmediatas, las que se abren ó cierran por arriba

segun conviene durante la operacion. Se hacen varios hornos de esta especie pegados unos á otros por sus paredes laterales, y terminados por la de atras, en la que comunmente se pone un cobertizo bastante elevado. Esto se practica para tostar las venas en polvo, y en general con todas las materias á que se ha de dar muchas veces fuego, y en que es indispensable lograr una separacion casi completa del azufre, del arsénico, etc.

Los hornos en que se han de tostar las venas son diferentes segun la calidad de estas y el tamaño de sus pedazos; pero solo describiremos los principales.

Los hornos semejantes á los de cocer cal mezclándola con el combustible, ofrecen la ventaja de una operacion continuada en un aparato que no se enfria, y por esto son buenos y muy eficaces para tostar las venas de hierro, en que solo es necesaria una simple calcinacion para desprender el agua y el ácido carbónico combinados en ellas. Hay tanta analogía en los efectos que se han de producir en una y otra operacion, que un mismo horno puede servir para las dos, aunque pueden te-

ner mayores dimensiones los de calcinar la vena de hierro, como se ha hecho en Viena y Creusot; pero se ha de tener presente que este proceder solo es aplicable á las venas quebrantadas en pedazos, y no á las granosas ó en polvo. Se ha intentado emplear este mismo medio algo modificado para tostar las venas azufrosas de cobre y las piritas, á fin de obtener parte de su azufre; pero si se ha logrado un resultado mas ó menos ventajoso, no por eso se han vencido todas las dificultades que proceden de la fusibilidad del sulfuro de hierro; porque á veces se convierte en una masa, ó sus trozos se aglutinan en ciertas partes del horno, y ó afloja la operacion ó se detiene enteramente; pues no pudiendo penetrar el aire en todas las partes del aparato, el tostado es imperfecto en algunas. Este inconveniente es mas grave de lo que se creyó al principio, y las venas mal tostadas no teniendo ya bastante azufre para quemarse, se reducen cuando se enfrian á pedazos pequeños, y no pudiendo volverse al mismo horno, hay que acabar de tostarlas en uno de reverbero, lo que es muy costoso.

En los Pirineos se tuesta la vena de hierro dentro de un horno redondo, con su hogar en el interior; que se cubre por medio de una bóveda hecha con ladrillos, sobre la que está la vena, y se ponen separados unos de otros para que por sus huecos puedan pasar la llama y el humo. Tambien se suele hacer esta bóveda con trozos grandes de vena dispuestos de tal modo que haya intersticios entre ellos, y que tengan la trabazon de un conjunto sólido, colocando sobre los trozos gruesos los mas pequeños, y poniendo al fin la vena quebrantada sobre esta bóveda. Esta es la construccion mas sencilla y ventajosa, y en que se pueden aprovechar las ramas y rozo inútil de los bosques para tostar las venas. En otras partes estas se tuestan en hornos parecidos á los de porcelana, colocando el combustible por la parte de afuera en parrillas, y de modo que la llama entre dentro y atraviese los pedazos que llenan el horno : en este proceder la torrefaccion es continua y no se detiene.

Para extraer el azufre de las piritas de hierro ó de venas piritosas, se usan diferentes hornos; pero uno de los mas notables es el de

Hungria que se hace con cuatro paredes que forman un paralepípedo rectángulo, teniendo cada una de ellas agujeros ó conductos que van á dar á cuartos de condensacion donde se recoge el azufre. Se pone dentro la vena sobre leña cortada y colocada como para los montones del tostado al aire libre, y con el fuego se desprende mucho azufre, que sale mas fácilmente por los agujeros ó conductos laterales de las paredes, que por entre los trozos de vena ó por el techo cubierto de tierra, y de este modo va á parar á los cuartos dichos. Por este medio se tuestan hasta 25,000 quintales (1) de piritas y se saca gran cantidad de azufre. Tambien se construyen al mismo fin, pero para operaciones continuas, hornos prismáticos que son especie de hornos altos elevados de 7 á 8,3 varas.

Fácilmente se percibe que uno de los mejores hornos para tostar venas, principalmente cuando hay que destruir en ellas por medio del calor y del aire ciertas combinaciones, como son las de los sulfuros, arseniuros, etc.,

(1) Peso antiguo de Francia.

es el de reverbero; porque en su suelo, revolviéndose mas fácilmente las materias, se renuevan sus superficies, y aumentando ó disminuyendo el calor segun conviene, se sigue y ejecuta mejor la operacion y con un éxito mas seguro. Por otra parte, la llama que sube del hogar mezclada con aire no descompuesto, es muy oxigenante y capaz de quemar el azufre y oxigenar los metales. En fin, este es el único medio de tostar las venas cuando están en polvo muy fino, y si no se usa siempre con todas ellas, es por la economía que hay muchas veces en tostarlas por montones dentro de areas rodeadas de paredes. Por otra parte, en algunas minas serian necesarios muchos obreros que tostasen las grandes cantidades de vena que se funden allí diariamente, y muchos hornos, cuya conservacion originaria grandes gastos.

Sin embargo, en todos los casos en que se quiere lograr una torrefaccion muy perfecta, como con las blendas de que se ha de sacar el zinc, los sulfuros de antimonio, etc., ó con las venas pulverizadas y destinadas para la amalgamacion, conviene que esto se haga en hor-

nos de reverbero. Se ha de advertir que *los* obreros han de tener mucha práctica y cuidado en el modo de manejar el fuego para tostar bien las venas azufrosas muy fusibles, y aun asi sucede muchas veces, que fundiéndose en parte es preciso sacarlas de los hornos para volverlas á quebrantar y limpiar de nuevo, repitiendo despues la operacion. Por lo demas, en la construccion de estos hornos solo hay que atender á que el suelo y el laboratorio tengan el grandor conveniente, y que la reja del hogar y la chimenéa, sean proporcionadas de modo que el fuego se haga con la mayor economía.

El horno de reverbero es el que se usa siempre para tostar venas preciosas y principalmente las que han de entrar en amalgamacion, que contienen frecuentemente arsénico, antimonio y otras sustancias volátiles, por lo cual se construyen de un modo particular. Se divide su suelo, que es muy espacioso, en dos partes y la mas lejana del hogar es un poco mas alta que la otra; encima de la bóveda hay un espacio ó cuarto en que se pone la vena y que comunica con el laboratorio por medio de un tubo

vertical, por el que se hace caer el mineral cuando está ya seco y algo caliente. El humo y la llama que salen del laboratorio, arrastrando los vapores azufrosos y arsenicales pasan á cuartos de condensacion, donde han de dejar el óxido de arsénico y otras sustancias antes de entrar en la chimenéa. Cuando se acaba de tostar la parte de vena que ha caido sobre la reja del hogar, se arrima la que ha caido en la parte mas alta del suelo que habia empezado á tostarse, y por esto será menos fusible, y meneando á menudo las materias con un hurgon, se concluye la operacion, lo que se conoce cuando cesan enteramente los vapores y el olor, y esto tarda mas ó menos segun la calidad de venas. Si las que se tuestan son muy arsenicales, como las de estaño de Schlackenwald en Bohemia y otras, los cuartos de condensacion para recoger el arsénico oxidado, han de ser mucho mas largos que los de los hornos comunes en que se tuestan la galena, las venas de cobre y aun de plata.

Entre las preparaciones químicas se ha de comprender la de poner las venas al aire y al agua, como se hace con las de hierro espático

antes ó despues de la tuesta, porque la experiencia ha probado que este es un medio muy eficaz para separarlas de algunas sustancias perjudiciales, como el azufre y aun la magnesia, cuando se halla en venas un poco piritosas.

SEGUNDA SECCION.

De varios procederes fundados en la accion del oxígeno.

Hemos visto que cuando se tues tan venas, el azufre y el arsénico se separan de ellas, porque combinándose con el oxígeno forman compuestos volátiles. Por esta razon se usa el mismo proceder en otras circunstancias, pues como es fácil proporcionarse y emplear el mismo agente, se aprovecha la diferencia de afinidad que tienen los metales con el oxígeno para separar unos de otros; y asi es que en esta propiedad se fundan las varias operaciones de afinacion y refinadura de los metales, entre las que hay algunas que tienen gran relacion con la torrefaccion.

La afinacion de las pellas de plomo y cobre,

principalmente cuando contienen antimonio, arsénico, etc., no es otra cosa que un tostado hecho por medio del viento de un fuelle; porque de este modo la oxidacion es mas pronta y completa que en el modo mas comun de tostarlos, aunque es cierto que se pierde mas metal, porque la evaporacion del plomo es mas considerable. Ademas, como este metal y el cobre que se quieren tener muy puros, se oxidan al mismo tiempo que el azufre y el arsénico, es preciso que cuando se afinen se metan diferentes veces en el fuego para fundirlos, volviéndolos á sacar para afinarlos, y esto se repite muchas veces seguidas.

La afinacion del hierro colado para tener hierro dúctil, se hace oxigenando el carbon que está combinado con él, pues de este modo se separa del hierro en forma gaseosa y al estado de óxido de carbono ó de ácido carbónico; pero se necesitan muchas precauciones y manipulaciones muy delicadas para lograr una buena purificacion, porque como este metal es tan oxidable, hay riesgo de quemar una gran parte de él, y asi es que por esto hay siempre

una pérdida de $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{5}$ y se debe procurar que no sea mayor.

Hay métodos segun los cuales se hace la afinacion en fogones de refinar, al viento de un fuelle y poniendo el metal entre el carbon de leña, aunque segun otros procederes se usa el carbon de piedra separado del metal y sin fuelles para lo cual se hace la operacion en un horno de reverbero, y la corriente de aire que da su chimenéa basta para proporcionar el oxígeno necesario.

En Inglaterra se empieza á purificar el cobre negro por un proceder análogo, poniendo las pellas de este cobre impuro por cierto tiempo á fuego fuerte, y en la corriente de aire de un horno de reverbero, con lo que se funde al fin toda la materia y se termina de este modo la operacion, sin que se use en ella del fuelle. En Alemania este mismo cobre se purifica ó en hogares pequeños entre el carbon de leña, ó en hornos de reverbero, y se usan los fuelles para dar aire á la superficie del baño y oxidar los metales extraños. En estos procederes el producto de la oxidacion no es enteramente volatil; pero como los óxidos

formados salen á la superficie del baño, pueden separarse fácilmente con los espumadores. La afinacion del plomo y la refinadura de la plata, se hacen por procederes fundados en la oxidacion de los metales por el aire que echan los fuelles sobre el baño de la fundicion. Hemos manifestado hasta aquí el efecto inmediato y directo que produce el oxígeno del aire; pero es muy importante el considerar tambien la accion que cierta cantidad de óxido metálico formada al principio de una operacion, ejerce sobre la materia que no está aun descompuesta. El oxígeno atmosférico fijado al pronto y combinado con el metal que se quiere obtener, que comunmente es ménos oxidable que las sustancias de que se ha de separar, se trasporta sobre estas materias á consecuencia de la mezcla y del contacto prolongado que tienen entre sí, y de este modo concurre al suceso de la operacion. Esta accion doble del oxígeno, es notable en la afinacion del hierro colado segun uno y otro método, y acaso lo es mas particularmente en el que se practica en Inglaterra. Otro ejemplo palpable es el que se advierte al testar las venas de

plomo sulfurado en el horno de reverbero, pues mezclando la parte de vena tostada al principio de la operacion con la que queda debajo de ella, y en que no ha habido alteracion, hay una descomposicion mutua entre el óxido ó el sulfato de plomo y el sulfuro no descompuesto, de lo que resulta la separacion de una cantidad notable de plomo metálico que se recoge inmediatamente. Es verosimil que suceda una cosa semejante cuando se tuestan las venas de cobre sulfuroso en el horno de reverbero.

Todas estas consideraciones deben extender mucho la esfera de los conocimientos metalúrgicos, dando lugar á muchas observaciones y ensayos, con el fin de perfeccionar los procederes y de conocer exactamente lo que pasa en diferentes operaciones; pero no se espere descubrir las causas de los cambios ó alteraciones que se verifican en los hornos y en los diversos trámites de los procederes, si en cada uno de ellos no se compara con cuidado el estado de las materias empleadas, reconociendo bien antes su composicion por analísis exactas.

Para mayor claridad y la mejor inteligencia

de las operaciones que menciona el autor y de los términos con que se anuncian en esta y otras obras extrangeras, ha parecido conveniente añadir algo á las generalidades de estos procederes, á lo que se aplican igualmente los principios de teoría expuestos.

Las venas azufrosas de cobre que son las que se benefician mas comunmente, se componen de diferentes sustancias; pero las que mas generalmente predominan son el azufre y el hierro, aunque segun indica el autor suelen estar acompañadas de otros varios metales.

Para purgarlas de las que mencionamos se tuestan y funden muchas veces, y aun en algunos tostados se añade arena para separar el hierro, que combinándose con el silíceo á cierta elevacion de temperatura; porque entonces este se oxigena con las corrientes de aire, se forman, como se va observando fácilmente, silicatos que se reunen en las escorias vitriosas. El producto de las primeras fundiciones es ya una pella metálica depurada de materias terreas, pero que contiene aun azufre y hierro, aunque á veces en su parte inferior hay una capa de metal mas puro de color negruzco. Es-

tas pellas de las primeras fundiciones se conocen entre los Franceses por el nombre de *mattes*, y la capa de color negruzco como las que se van aumentado en los tostados y fundiciones sucesivas, se conocen por el nombre de *cobre negro*. Este es un cobre impuro que contiene comunmente $\frac{90}{100}$ de cobre, azufre, hierro y acaso otros metales, pero para afinarle conviene ir reduciendo las pellas mas impuras (*mattes*) á este estado, lo que se hace tostándolas y fundiéndolas diferentes veces con gran corriente de aire, para desprender el azufre al estado de ácido sulfuroso y separar el hierro al de óxido; con lo cual se van aumentando las capas de cobre, el que se afina en los hornos que indica el autor, cuyo suelo es cóncavo y se encarbona con arcilla mojada y carbon como ya se ha dicho para otras operaciones.

El cobre negro contiene á veces plata, y hay beneficio en extraerla, para lo cual se funde añadiendo la cantidad de plomo necesaria y vaciando la aleacion en moldes encarbonados de panes llamados de licuacion. Se ponen estos á un fuego moderado para que fundiéndose solo el plomo, arrastre consigo la plata, con

lo cual los panes se llenan de agujeros y adquieren la superficie como de una esponja. Poniéndolos á un fuego fuerte para depurarlos se forma una costra escamosa á su superficie, que es un efecto de la oxigenacion producida por la corriente de aire.

Hay otro producto del beneficio de las venas piritosas de cobre, conocido por el nombre de *cobre de cimentacion*, que se obtiene tostando las píritas cobrizas para desprender el azufre, volatilizándose en gran parte al estado de ácido sulfuroso por las corrientes de aire, cuyo oxígeno convierte otra parte de azufre en ácido sulfúrico, y se forman sulfatos de cobre é hierro, y haciendo legía con el producto se disuelven los sulfatos de cobre é hierro, en cuya disolucion filtrada se mete hierro viejo y se precipita el cobre en una masa porosa que es lo que se llama *cobre de cimentacion*. Este proceder solo se practica con las píritas pobres ó que contienen poco cobre.

El hierro dúctil se obtiene del primer producto de la vena, que entre los Franceses es conocido por el nombre especial de *fonte*, y en las herrerías de España con el de goa, ó colado

habiendo varias especies segun la calidad de las venas; de suerte que se distinguen en blancas y cenicientas y no es fácil muchas veces determinar su aspecto, porque varía tanto como su grano. Lo que caracteriza principalmente este producto respecto á las operaciones sucesivas, es el haber en él, ademas de la sílice, alúmina, cal, etc., cierta cantidad de carbono, combinada al parecer con el hierro y de la que se ha de purgar para tener el hierro puro. Esta afinacion se hace en una especie de forjas cuadradas de ladrillo de 25 pulgadas de lado y de 21 á 22 de profundidad, revestidas interiormente con planchas de hierro colado. Se llenan las forjas de polvo de carbon bien batido humedeciéndole, lo que se llama encarbonado ligero, y haciendo en este un hueco redondo en forma de crisol, se meten en él los trozos de metal (*goa*) que se rodean de carbon. Se aplican fuelles de gran efecto cuyo soplo se dirige á traves del carbon é inmediatamente sobre la superficie del metal, que fundiéndose, cubre el baño de escorias que se van quitando con espumadores, y se le revuelve continuamente. Es claro que el fin de esta ope-

racion y del modo de hacerla, es quemar el carbon combinándole con el oxígeno y formando un cuerpo volátil, para lo cual se proporciona el contacto de las superficies de la masa fluida con el aire. Se verificará sin duda este efecto en parte del modo que indica el autor, fijándose al principio el oxígeno en el metal menos oxidable y comunicándose de él, por el contacto prolongado, á las materias extrañas; y es de creer que esto es asi porque de este modo se proporciona en algunos casos, á lo menos á las moléculas de la masa fluida, el oxígeno puro al estado naciente ó al tiempo de desprenderse de un cuerpo sólido.

En Inglaterra se afina el metal que da la fundicion de venas de hierro, entre carbon de piedra en una especie de hornos de forja y con fuelles de fuerza. El metal fundido blanquea y se corre á una *planchera* de donde hecho planchas se le pasa á un horno de reverbero. En este no hay otro medio de oxigenacion que el que proporcionan las corrientes de aire que atraviesan el horno; pero se cuida que la fundicion esté siempre pastosa revolviéndola continuamente, para que mezclándose las partes

oxigenadas con las que tienen aun carbon, se queme este completamente. Se ha de advertir tambien que muchas veces se echan en esta fundicion escamas de hierro, que no son otra cosa que capas cristalizadas de hierro oxigenado que saltan de este metal, cuando estando caldeado, se le amartilla ó lamina, y cierta clase de escorias, humedas á veces unas y otras; en todo lo cual parece que debe producirse el efecto de proporcionar á las moléculas de la masa fluida, el oxígeno puro al tiempo de desprenderse de los cuerpos sólidos con quienes estaba combinabo; aunque conforme á los adelantamientos hechos en la teoría, se ha de tener presente que en las descomposiciones y nuevas combinaciones verificadas en tales casos, acaso es de gran influjo el estado eléctrico de los cuerpos.

TERCERA SECCION.

De las operaciones que se hacen ne los hornos de fusion.

En el modo de tratar las venas por el fuego no se ha visto por mucho tiempo sino una

operacion análoga á la licuacion de un metal puro, porque se suponía que bastaba hacerlas entrar en fusion ó fundirlas como se dice aun hoy, para que el metal mas pesado que las materias terreas se separase de ellas, y apareciese con sus propiedades características. Se creia entonces que los metales estaban solo al estado de mezcla aun en sus venas; pero, como se sabe hoy que estan combinados químicamente con el oxígeno y á menudo tambien con el azufre y otros metales, no hay que esperar obtenerlos puros sino por medio de una descomposicion real, para la cual es preciso valerse de agentes químicos, de los que el fuego no es sino un auxiliar mas ó menos necesario. En efecto, la simple fusion de una vena en una vasija cerrada y sin contacto de materias combustibles, como por ejemplo, en un crisol de platino bien cerrado, produciria un vidrio ó escoria y no un metal. Asi es que la mayor parte de las venas solo son descompuestas y se aislan en ellas lass ustancias metálicas por el contacto del carbon, cuya accion se ha supuesto por tanto tiempo que se limitaba á la simple produccion del calor. En fin,

una cantidad proporcionada de materias terreas de las que hay en los hornos, ó que tieñen las venas ó que se agregan por mezclas artificiales, basta para lograr escorias bien fundidas y por consiguiente la reunion del metal.

Lo que se llama pues la fundicion de venas, es una operacion enteramente química, en la que se ponen en accion las afinidades, y en que es preciso emplear agentes de descomposicion para obtener un resultado determinado. Examinemos como se obran estos efectos en los hornos, y que condiciones se necesitan para alcanzar el fin de las operaciones que se hacen en ellos.

Una de las condiciones mas esenciales de la accion química en metalurgía, aun mas que en química, es como hemos indicado ya la de tener cierta elevacion de temperatura, algunas veces moderada y á menudo muy elevada y vecina del grado mas alto de calor que el arte puede producir. Pero para comprender bien los fenómenos que suelen presentar las operaciones de los hornos, se ha de observar que el resultado general de las fundiciones de ve-

nas, se compone de dos especies de productos, el útil que será el metal ó metales objeto de la operacion, ó á lo menos un compuesto que los contendrá mucho mas concentrados ó aislados que en la vena, como se ve en los resultados de la primera fundicion del hierro y el cobre; y el producto de las materias terreas ú otras con las que estaba agregado ó combinado el metal, y que se desechan como inútiles cuando ya no habria utilidad en extraer el que puedan contener. Estas materias se presentan combinadas entre sí en forma de escorias ó vidrios, y á la superficie de los crisoles ó piletas cubriendo el metal que se [illegible] debajo.

Estos pormenores manifiestan que en la operacion de fundir una vena, se producen á un tiempo ó sucesivamente dos efectos que pueden observarse en el mismo horno, el de la fusion completa de todas las materias terreas, y aun de parte de los óxidos metálicos contenidos en la vena, la cual se verificará al favor de un calor fuerte y por medio de la mezcla conveniente de estas materias; y el de la reduccion de los óxidos metálicos, ó el desprendimiento del azufre de los metales azufrados, que se veri-

fica despues ó al mismo tiempo que la fusion de las materias extrañas que los acompañan. El efecto de la reduccion de los óxidos, apenas puede verificarse con algunos metales, como el hierro entre otros, sino mediante una alta temperatura y un contacto prolongado del óxido con el carbon, y asi es que el tiempo necesario para ello influye en las dimensiones de los hornos; por lo cual pueden fundirse en los de poca elevacion las venas de plomo, principalmente el litargirio, mientras que las de hierro se funden comunmente en otros mas altos.

Los dos efectos que acabamos de distinguir tienen [illegible] fin una accion muy señalada entre sí, á lo menos en cuanto al último resultado, pues segun que las circunstancias son mas ó menos favorables á uno ú otro, se obtiene ó no todo el metal contenido en una vena, y la operacion se hace con mas economía. Asi pues, cuando las proporciones de las materias terreas son las mas convenientes para formar un compuesto fácilmente fusible á la temperatura ordinaria de los hornos, ó si esta temperatura es demasiado baja ó acaso muy elevada, los óxidos metálicos se combinan con las tierras

predominando su afinidad, para formar un compuesto vidrioso, de lo que resulta una pérdida notable en el metal que se habia de obtener. Ademas, se gastará mas combustible y tiempo, porque la reduccion es mucho mas dificil habiendo entrado el óxido en una nueva combinacion y habiéndose vitrificado con las tierras; lo que podria obligar á repetir las operaciones muchas veces con las mismas materias, por lo que, indicaremos luego los medios usados para evitar estos inconvenientes.

A lo dicho respecto á lo que se observa en las operaciones de los hornos, añadiremos que el separar completamente los metales de las materias terreas, depende primeramente de su reunion en glóbulos, y despues de la facilidad que tienen estos de atravesar por entre las matérias mas ó menos fundidas, para descender, sin oxidarse de nuevo, á las partes inferiores de los crisoles ó piletas en que se reunen. Por esta razon conviene que las natas y escorias tengan suficiente fluidez, para que se separe de ellas completamente el metal en razon de la diferencia de su peso específico; aunque por otra

parte se ha de tener presente, que una escoria demasiado fluida no cubre bastante los glóbulos metálicos, ni adhiere á ellos lo necesario para no dejarlos expuestos á la oxigenacion que ocasiona la corriente de aire de la tobera, y ademas, tales escorias deterioran las paredes de los hornos y aun á veces disuelven mucho óxido del que se queria reducir. Es preciso pues operar entre estos dos inconvenientes, y esta es una de las partes del arte del Fundidor que exige mas cuidado y mas conocimiento de los medios de dirigir bien un horno. Cuando escorias espesas retienen granos de metal, es preciso machacarlas y lavarlas para extraerlos, y es lo que se hace con algunas natas de los hornos altos de hierro, en la fundicion del estaño y en la afinacion del cobre, que por este proceder se benefician con utilidad. Acaso es aun mayor la pérdida que origina la demasiada fluídez de las escorias, que habiendo disuelto el óxido contienen mucho metal; porque no pudiendo extraerse sin fundirle de nuevo, esto causa mucho gasto y precisa á tirar escorias ricas.

Los metales y sus aleaciones se funden tam-

bien en los hornos anchos y de reverbero para darles distintas formas por medio de moldes conformes á lo que se quiere hacer. El arte de amoldar se funda en la fusion de los metales, y es evidentemente una dependencia de la metalurgia que requiere mas práctica que conocimientos generales; pero hay otro medio de cambiar las formas de los metales, que es el de aprovecharse de su maleabilidad para forjar barras, reducirlos á hilos ó convertirlos en planchas ó láminas mas ó menos espesas. Esto se hace á martillo ó con cilindros, y todas estas operaciones requieren un perfecto conocimiento de ciertas propiedades de los metales, el saber apreciar su pureza, y tener práctica en las manipulaciones; por lo que tienen gran relacion con los trabajos metalúrgicos, y se han ejecutado á menudo en las fundiciones en que se preparan ó purifican los metales.

El autor ha expuesto los principios mas generales de metalurgía, que bien estudiados y entendidos darán á conocer su importancia y utilidad considerada como ciencia y como arte, al mismo tiempo que ha anunciado con claridad las

investigaciones que faltan á las teorías y pr
cederes para mejorar y perfeccionar todos
pormenores y reglas, sin lo que, ni las artes
quieren prácticas durables, ni las fábrica
talleres el número de artesanos inteligentes
las conservan y hacen florecer.

FIN.

INDICE.

CAPÍTULO II.

PRIMERA SECCION.

SEGUNDA SECCION.

TERCERA SECCION.

Páginas.

CUARTA SECCION.

CAPÍTULO III.

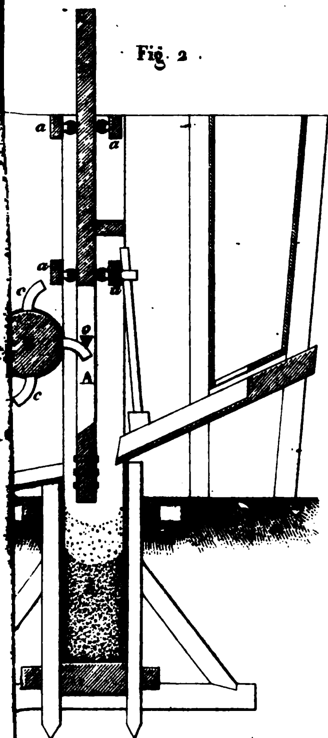
PRIMERA SECCION.

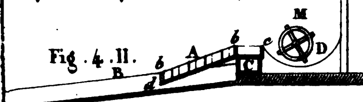
SEGUNDA SECCION.

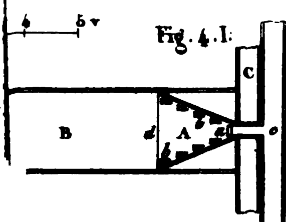
CAPÍTULO IV.

FE DE ERRATAS.

Páginas.	Líneas.	Erratas.	Correcciones.
29	3	los	lo
36	12	unos bordes	tambien bordes; son
39	2	está suspendida	estan suspendidos
44	17	$\frac{1}{16}$	$\frac{4}{16}$
50	8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
58	13	35	25
61	22	55	53
65	24	78,69	68,29
118	10	calor	color
119	11	eflorescen	florecen
43	15 16	lo que arrastra	y arrastrar
144	23 (nota)	de	del
152	17 (nota)	χ	χ'
176	9	v'	V'
179	última(nota)	prismática	piramidal
195	14	(c)	(l)
227	7	$\frac{g g \partial r}{o C}$	$\frac{g p \partial r}{\partial' C}$
249	9	enceso	exceso
268	20	ne	en
265	16	*suprímase:* los sulfatos de cobre é hierro en cuya disolucion filtrada se mete hierro viejo, y	*substitúyase:* y con hierro viejo se



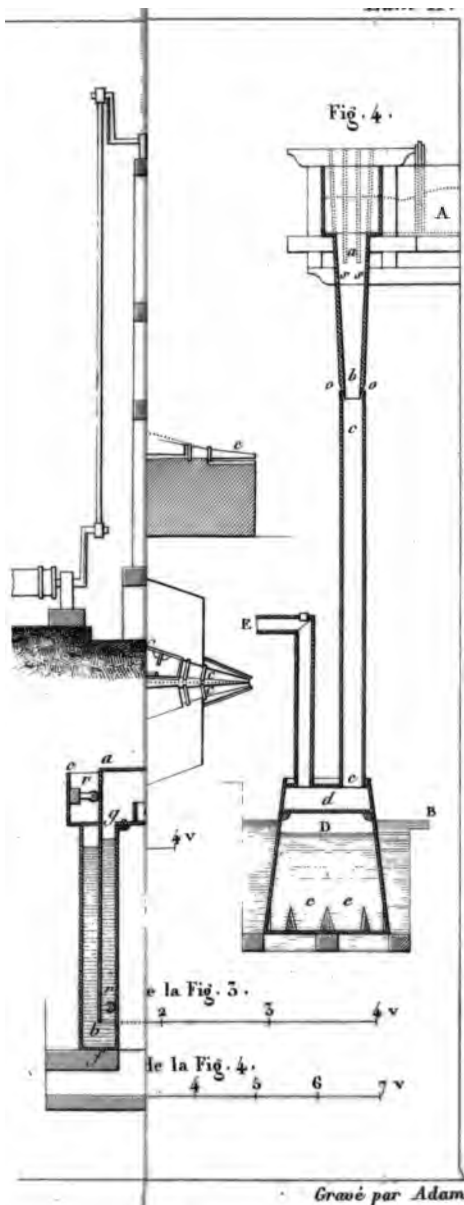


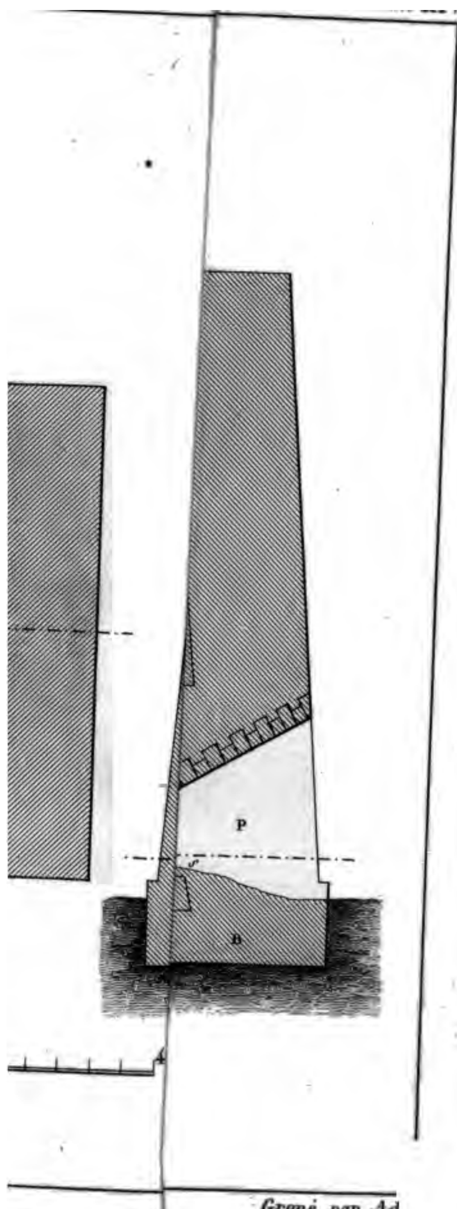


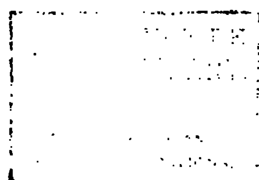
Gravé par Adam.

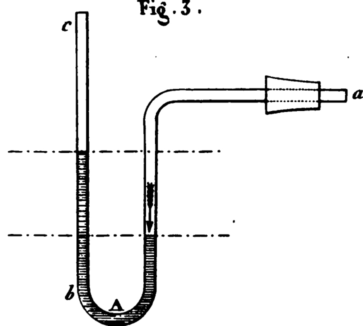





Fig. 4.
A
a
b
c
E
d
B
D
e e
e la Fig. 3.
2 3 4 v
de la Fig. 4.
4 5 6 7 v
4 v
Gravé par Adam


P
B
Gravé par Ad




Fig. 3.
c
a
b
A





